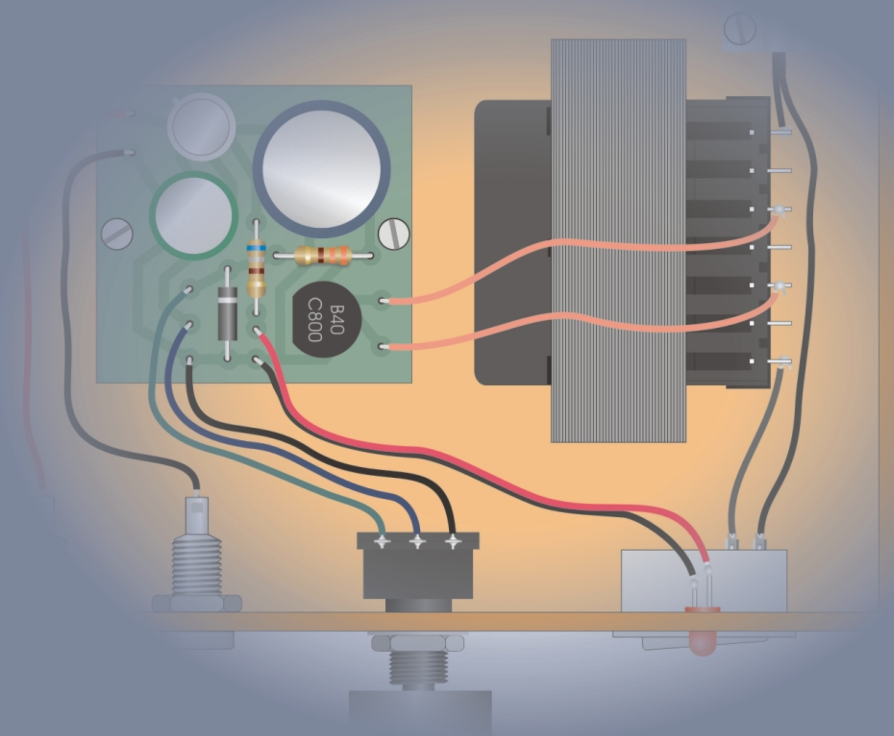
Praktična

# ELEKTRONIKA 3

FIL.M.2016

Filipović D. Miomir

# Ispravljači



PREDGOVOR

Ovo je treća elektronska knjiga iz serije "*Praktična* ELEKTRONIKA". U njoj je opisano više ispravljača i pomoćnih kola u ispravljačima i dato više detaljnih primera praktične realizacije. Autor se nada da će čitaoci pronaći ispravljač koji im odgovara, da će ga, sledeći data uputstva, napraviti, i da će im on mnogo godina uspešno služiti za napajanje električnom energijom raznih elektronskih uređaja, među njima i onih koji će biti opisani u sledećim knjigama serije "*Praktična* ELEKTRONIKA".

U ovoj knjizi, na slikama ima i informacija koje ne možete da zapazite jer su toliko sitno nacrtane ili napisane da na prvi pogled izgledaju kao obične mrlje na ekranu. Uveličajte deo sa "mrljom": ako ste ovaj dokument otvorili pomoću *Adobe Acrobat Professional*, uhvatite ikonicu , obuhvatite "mrlju" i otpustite dugme na mišu.

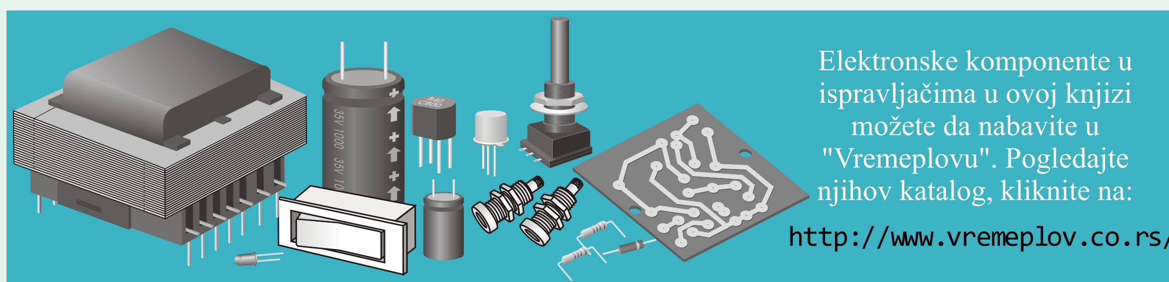
Za vežbu, uveličajte "mrlju" koja se nalazi u prvom slovu potpisa autora ove knjige, odmah iznad ovog teksta.



## SADRŽAJ

Kada u sadržaju pronađete šta vas interesuje, kliknite na ikonicu **Pages**, pa na ikonicu odgovarajuće strane.






# ISPRAVLJAČI

Za napajanje elektronskih uređaja energijom, neophodan je izvor jednosmerne struje. U tu svrhu mogu da se koriste baterije ili akumulatori, ali je to vrlo neekonomično pa se, osim u prenosnim uređajima, izbegava, a uređaji se, preko ispravljača, napajaju iz električne mreže. Efektivna vrednost napona električne mreže na koju se priključuje ispravljač je 220 V, a maksimalna 311 V. Zbog toga, pri radu na ispravljaču, treba biti oprezan jer posledice nepažnje ili neznanja mogu da budu katastrofalne. Najsigurnija mera predostrožnosti je da ispravljač, kada nešto radite na njemu, UVEK isključite iz mreže, tako što ćete utikač da izvučete iz utičnice.

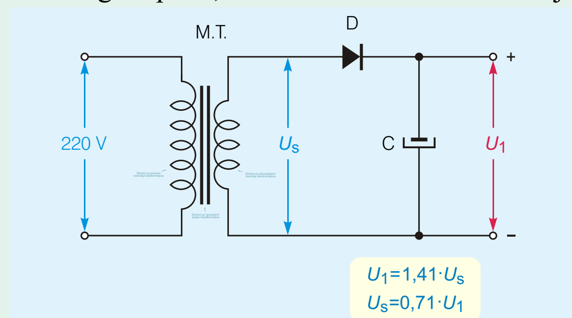
Svi ispravlajači, osim onih sasvim jednostavne konstrukcije, sastoje se od mrežnog transformatora, jedne ili više ispravljačkih dioda, elektrolitskog kondenzatora i stabilizatora napona. Pored ovih osnovnih delova, ispravljači mogu da imaju još neke komponente i sklopove koji ih čine upotrebljivim, sigurnijim, itd., koji su obrađeni u 3. glavi.

# 1. ISPRAVLJAČI BEZ STABILIZATORA

Ispravljači bez stabilizatora se koriste u elektronskim uređajima za čiji rad nije neophodno da jednosmerni napon ima konstantnu veličinu ali oni pretstavljaju osnovni sklop svih pa i stabilisanih ispravljača. Njihove osnovne komponente su mrežni transformator, ispravljačke diode i filterski kondenzator. Bez bilo koje od ovih komponenata ispravljač ne može da radi ali su u praksi neophodne i druge komponente, kao što su prekidač, LED dioda kao indikator uključenosti ispravljača, osigurač itd, o čemu će biti reči kasnije.

Na slici 1.1-a...1.1-f je šest električnih kola koja prikazuju šest različitih ispravljača. Koji će od njih biti praktično iskorišćen, to zavisi od toga kakve karakteristike ispravljač treba da ima, koje i kakve komponente su na raspolaganju kao i od cene ispravljača.

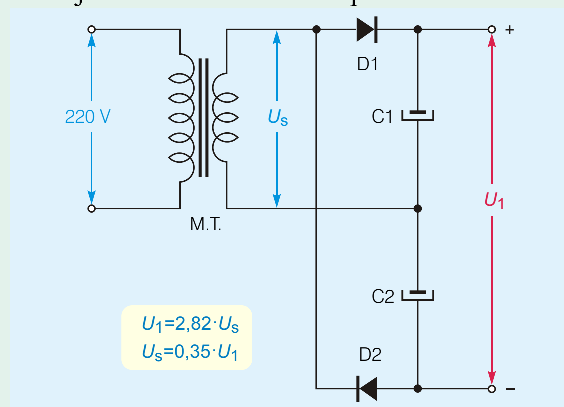
Na slici 1.1-a je električna šema najjednostavnijeg ispravljača koji se sastoji od samo tri komponente: mrežnog transformatora M.T., usmeračke diode D i elektrolitskog kondenzatora C. Na primarni namotaj mrežnog transformatora priključen je mrežni napon od 220 V, a na sekundarnom namotaju se dobija znatno manji napon $U_S$. Dioda provodi samo za vreme poluperioda kada je napon na gornjem kraju sekundara veći od napona na donjem kraju tj. samo za vreme kada je napon na anodi diode veći od napona na katodi. Struja diode teče kroz kondenzator C i puni ga, pa se na njemu javlja pozitivan napon $U_1$ koji se "protivi" struji. Ako poluperiodu mrežnog napona kada je napon na gornjem kraju sekundara veći od napona na donjem kraju nazovemo pozitivnom, onda može da se kaže da dioda provodi za vreme delova pozitivnih poluperioda mrežnog napona, odnosno za vreme kada je ulazni napon veći od napona na kondenzatoru. Struja diode je, znači, u obliku povorke pozitivnih impulsa. Ako je ispravljač u praznom hodu, a to znači ako na njegov izlaz nije priključen nikakav potrošač, izlazni jednosmerni napon ispravljača je 1,41 puta veći od efektivne vrednosti napona na sekundaru: $U_1=1{,}41\cdot U_S$. (Efektivna vrednost je veličina koju pokazuje voltmetar priključen na sekundar i ona se navodi kao karakteristika transformatora. Na električnim šemama veličina naizmeničnog napona se uvek označava njegovom efektivnom vrednošću).




*Sl. 1.1-a Jednostrano usmeravanje*

Na primer, ako je napon na sekundaru transformatora $U_S$ = 8 V, jednosmerni napon na izlazu ispravljača sa slike 1.1a je $U_1$= 8 V·1,41 = 11,28 V. Ali kad se na ispravljač priključi potrošač poteći će struja i ovaj napon će se, zbog pada napona na otpornosti žice kojom je namotan sekundar kao i pada napona na diodi, smanjiti i to smanjenje će biti utoliko veće ukoliko je struja potrošača veća. O stabilizaciji ovog napona biće reči kasnije.

Na slici 1.1-b je prikazana električna šema ispravljača u udvostručavajućem spoju. Za vreme pozitivnih poluperioda naizmeničnog napona Us, provodi gornja dioda koja puni gornji kondenzator. Za vreme negativnih poluperioda, provodi donja dioda koja puni donji kondenzator. Jednosmerni naponi na kondenzatorima se sabiraju pa je izlazni napon dva puta veći nego u slučaju ispravljača sa slike 1.1-a. (Naravno, tako je ako se koriste isti mrežni transformatori). Na primer ako je efektivna vrednost sekundarnog napona jednaka $U_S$ = 8 V tada je izlazni napon jednak $U_1$ = 8·1,41.2 = 22,56 V. Ovaj ispravljač može da se koristi u slučaju kada mrežni transformator koji nam je na raspolaganju nema dovoljno veliki sekundarni napon.

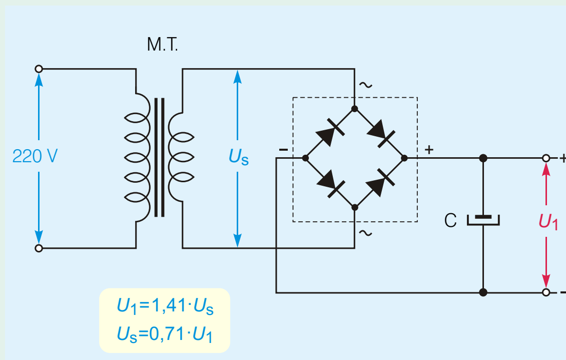



*Sl. 1.1-b Jednostrano usmeravanje sa udvostručavanjem izlaznog napona*

U oba opisana ispravljača ostvaruje se tzv. jednostrano usmeravanje. Na slici 1.1-c je ispravljač sa četiri diode u mostnom spoju kojim se ostvaruje dvostrano usmeravanje. Za vreme pozitivnih poluperioda sekundarnog napona, provode gornja desna i donja leva dioda, a za vreme negativnih poluperioda - gornja leva i donja desna. U oba slučaja struje protiču u istom smeru kroz kondenzator C (odozgo nadole) i pune ga. Jednosmerni izlazni napon je i sada 1,41 puta veći od napona na sekundaru transformatora ali je stabilniji nego u slučaju jednostranog ispravljanja sa slika 1.1-a i 1.1-b.

Diode na slici 1.1-c su posebne komponente samo u ispravljačima za izuzetno velike struje. Umesto njih, u praksi se mnogo češće koristi Grecov usmerač sa četiri diode u zajedničkom plastičnom kućištu, koje je na slici prikazano isprekidanom linijom. Iz njega izlaze četiri provodnika obeležena sa + (plus), – (minus) i dve male sinusoide.

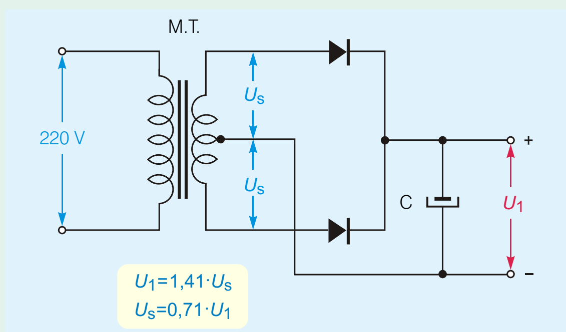
Dvostrano usmeravanje može da se ostvari i sa dve diode ali je tada potreban transformator sa izvodom na sredini sekundara, slika 1.1-d. Za vreme pozitivnih poluperioda provodi gornja a za vreme negativnih donja dioda. U oba




*Sl. 1.1-c Dvostrano usmeravanje*

slučaja struje teku u istom smeru kroz kondenzator C i pune ga. Jednosmerni napon na kondenzatoru je 1,41 puta veći od naizmeničnog napona na jednoj polovini sekundara, ali je stabilniji od jednosmernog napona koji se dobija jednostranim ispravljanjem.

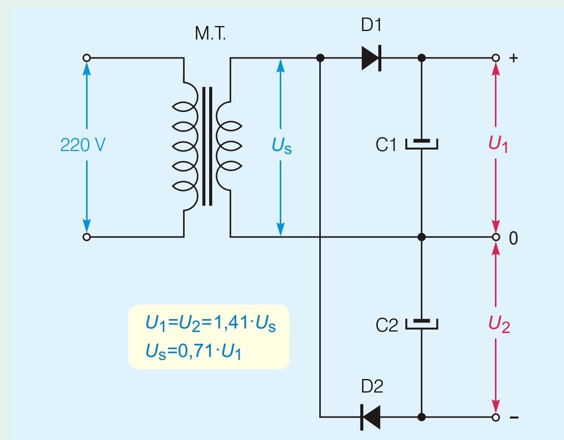
Šeme sa slike 1.1-c ili 1.1-d se vrlo često koriste u ispravljačima predviđenim za napajanje manjih prenosnih radio-prijemnika, kasetofona, vokmena i sličnih elektronskih uređaja manje snage. Obično su smešteni u male plastične kutije iz kojih izlaze dva mesingana šiljka pomoću kojih se ispravljač priključuje direktno na mrežnu priključnicu.



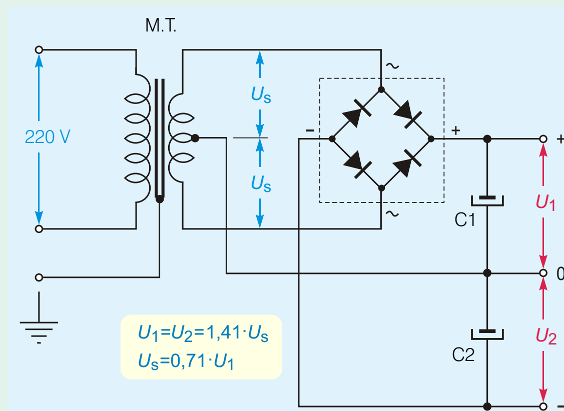

*Sl. 1.1-d Dvostrano usmeravanje*

Neki elektronski uređaji, kao, na primer, audio pojačavači velike snage, zahtevaju dva ista jednosmerna napona od kojih je jedan pozitivan a drugi negativan u odnosu na masu. U takvim uređajima se koriste ispravljači sa slika 1.1-e i 1.1-f. Priključak koji se povezuje sa masom uređaja obeležen je nulom. U kolu na slici 1.1-e je jednostrano a u kolu na slici 1.1-f dvostrano usmeravanje. Izvod na sekundaru transformatora je na sredini. Pri motanju transformatora sa slike 1.1-f, između primarnog i sekundarnog namotaja namotana je i tanka bakarna traka koja predstavlja Faradejev kavez koji sprečava da električne smetnje iz mreže, preko ispravljača, prodru u uređaj koji je priključen na ispravljač. Provodnik koji je spojen sa ovom trakom se povezuje sa uzemljenjem u šuko utikaču.

Ako je ispravljač smešten u metalnu kutiju, tada se i ona povezuje sa uzemljenjem u šuko utikaču.




*Sl. 1.1-e Jednostrano usmeravanje sa dva izlazna napona*




*Sl. 1.1-f Dvostrano usmeravanje sa dva izlazna napona*

Na slikama 1.1-a...1.1-f 220 V je efektivna vrednost mrežnog napona, a $U_S$ efektivna vrednost napona na sekundaru transformatora. $U_1$ i $U_2$ su jednosmerni naponi.



## *1.1. Mrežni transformator*

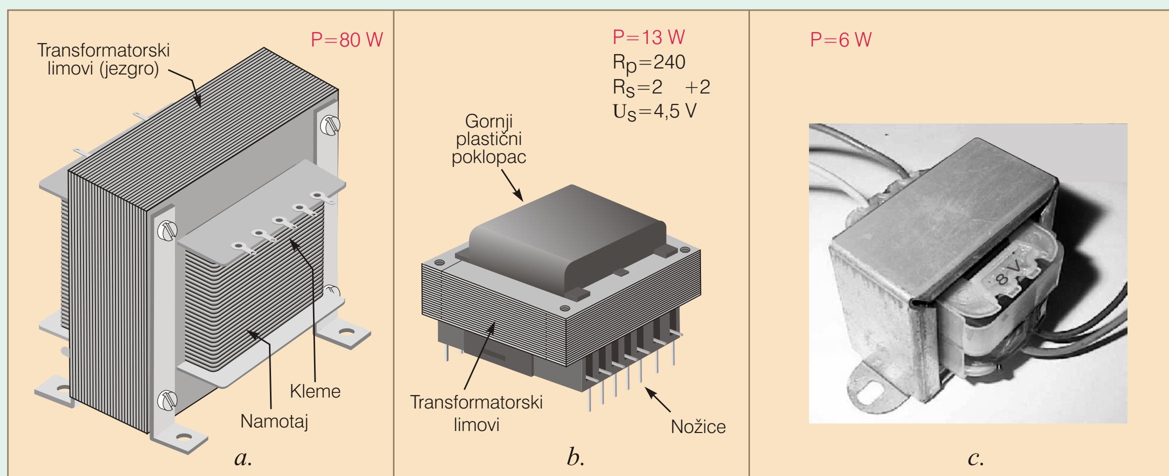
Pomoću mrežnog transformatora se mrežni napon efektivne vrednosti 240 V pretvara (transformiše) u jedan ili više napona manjih veličina. Mrežni transformatori se proizvode u različitim oblicima i veličinama, nekoliko njih je prikazano na slici 1.2.

Na slici 1.2-a je mrežni transformator snage 80 W koji ima primar (dva priključka, dve kleme, sa leve strane) i sekundar sa tri izvoda (priključci sa desne strane).

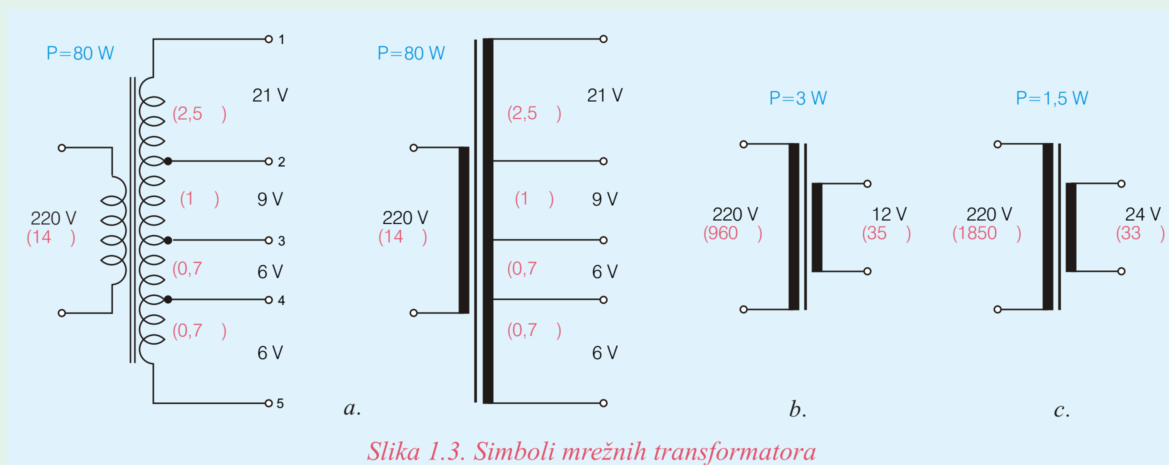
Njegov električni simbol je prikazan na slici 1.3-a. Kao što se vidi, kalemovi mogu da se simbolično prikažu na dva načina: kao što se prikazuju i obični kalemovi (levo) ili kao debele linije (desno). Prvi način vernije prikazuje kalem dok je drugi jednostavniji za crtanje. Izvodi na sekundaru omogućuju upotrebu transformatora kad je potreban napon od 6 V, 9 V ili 21 V. Ali moguće je dobiti i druge napone. Tako, na primer. napon između priključaka 3 i 5 je 12 V, između 2 i 4 je 15 V, između 1 i 3 je 30 V, između 1 i 5 je 42 V itd. Ako se ovaj transformator koristi u ispravljačima sa slika 1.1-d i 1.1-f, treba koristiti priključke 1, 2 i 5 (2 je srednji izvod) ili priključke 3, 4 i 5 (4 je srednji izvod) .

U zagradama na slici 1.3 su omske otpornosti žice primara i sekundara.

Transformator na slici 1.2-b je predviđen za montažu direktno na štampanu pločicu, na kojoj se nalaze i ostale komponente ispravljača (diode, elektrolitski kondenzator, komponente stabilizatora itd.). Za njegove nožice se kaže da su




*Slika 1.2. Mrežni transformatori*




*Slika 1.3. Simboli mrežnih transformatora*

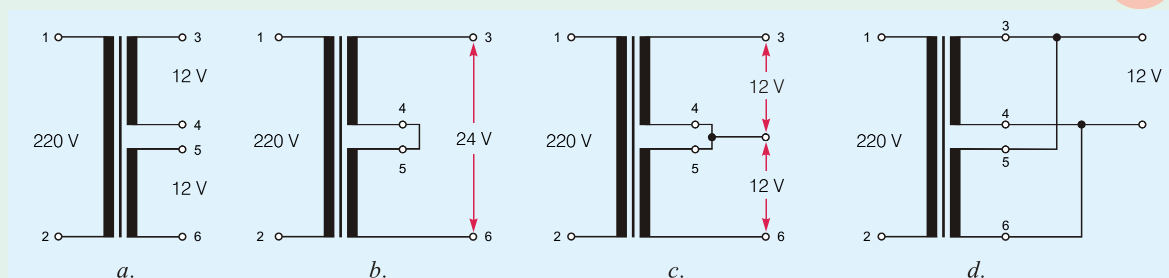
"u rasteru". To znači da su rastojanja između nožica jednaka 2,54 mm (deseti deo inče) pomnožena sa celim brojem. Ovaj transformator ima dva zasebna sekundarna namotaja, njegov simbol je na slici 1.4-a, a može da se koristi na više načina.

Prvi je da se svaki sekundarni namotaj koristi za posebne svrhe, recimo gornji za ispravljač kojim se napajaju elektronska kola nekog uređaja a donji za ispravljač koji daje jednosmerni napon za električni motor u tom uređaju. Drugi način je da se sekundari spoje na red (sl. 1.4-b), tako da se dobije dva puta veći sekundarni napon ili da se koristi kao transformator sa izvodom na sredini sekundara (sl. 1.4-c). I, na kraju, ovaj transformator može da se koristi i tako što se sekundari vežu u paralelu (si. 1.4-d), tako da se dobije dva puta veća sekundarna struja. Pri svim ovim povezivanjima treba biti oprezan jer na slici 1.4-b moraju da se spoje završetak gornjeg (4) i početak donjeg namotaja (5). Ako pogrešite pa spojite priključke 4 i 6, izlazni napon (između 3 i 5) će biti jednak nuli. Na slici 1.4-c je takođe obavezno spojiti završetak gornjeg sa početkom donjeg kalema, inače ispravljač, ako transformator koristimo kao transformator sa izvodom, neće dobro da radi. Najteže posledice, ako se pogreši, su pri spajanju prema slici 1.4-d. Na toj slici treba spojiti početak gornjeg sa početkom donjeg namotaja (3 i 5) i završetak gornjeg sa završetkom donjeg namotaja (4 i 6). Ako nije tako urađeno, dolazi do pregorevanja transformatora. Zato, prvo izmerite oba sekundarna napona i uverite se da su oni istih veličina. Zatim spojite dva kraja za koje pretpostavljate da su završeci namotaja i izmerite napon između druga dva kraja. Ako je ovaj napon jednak nuli, dobro ste pretpostavili. Spojite i ta dva kraja i sve će biti u redu. Ako je napon dva puta veći od napona na jednom sekundaru, moraćete da ponovite eksperiment sve dok na pronađete koja dva kraja treba spojiti tako da napon između druga dva bude jednak nuli. Tada spojite i ta druga dva kraja.

Na slici 1.2-c je mrežni transformator snage 6 W čiji je sekundarni napon 8 V. Iz njegovih namotaja izlaze četiri izolovane licnaste žice. Dve od njih su izvodi primara a druge dve sekundara. One se razlikuju po boji (dve su crvene,

Pažnja! Vezivanje prema slici 1.4-d je dozvoljeno samo ako su naponi U3-4 i U5-6 jednaki. Ako nisu, a ima i takvih transformatora, pogledajte projekat 4.13.9..............






*Slika 1.4. Korišćenje mrežnog transformatora sa dva ista sekundara*

a dve bele), a na gornjem delu kalemskog tela (iznad levog para žica) piše 240 V, a iznad desnog para 8 V, što korisniku ukazuje na primar i sekundar. Može da se desi i da sve četiri žice izlaze zajedno iz kalemskog tela. Tada se upozorenje na to koje dve su primar, a koje sekundar daje na neki drugi način.

Amateri često koriste mrežne transformatore izvađene iz rashodovanih elektronskih uređaja o kojima nemaju nikakve podatke. Ako je u pitanju transformator iz nekog elektronskog uređaja sa tranzistorima, a ne iz nekog starog uređaja sa elektronskim cevima, pronalaženje primara i sekundara se vrši na sledeći način. Pomoću om-metra odredimo krajeve svakog namotaja i izmerimo otpornosti tih namotaja. Namotaj koji ima izrazito najveću otpornost je primarni namotaj. Ta otpornost se kreće u granicama od desetak oma (kod transformatora snage više desetina vati) do par hiljada oma (kod transformatora snage nekoliko vati). Otpornost sekundarnih namotaja zavisi od snage transformatora kao i od veličine sekundarnog napona i nalazi se u granicama od nekoliko desetih delova oma do nekoliko desetina oma. Izvesna predstava o veličinama otpornosti namotaja transformatora može da se stekne na osnovu brojčanih podataka na slici 1.3.

Snaga transformatora može da se odredi na osnovu veličine površine preseka srednjeg stuba jezgra od gvozdenih limova, oko koga su namotani kalemovi (primar i sekundar) transformatora. Na slici 1.5 je prikazno kako izgleda jezgro transformatora koje je napravljeno slaganjem limova u oblikku slova E i slova I. Površina preseka srednjeg stuba je:

$$S = a \cdot b,$$

a snaga transformatora je

$$P = S^2,$$

gde su:

$P$ – snaga u vatima i

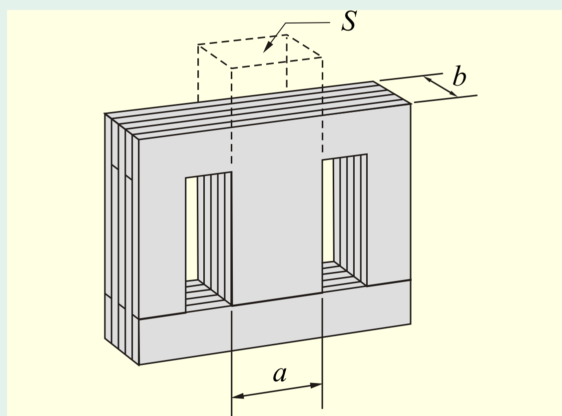
$S$ – površina preseka srednjeg stuba, izražena u kvadratnim santimetrima.

U našem primeru je $a$=3 cm i $b$=2 cm, pa je $S$=6 cm$^2$ i $P$=36 W.

* Na slici 1.5 jezgro je sastavljeno od samo pet E limova i isto toliko I limova. Tako je učinjeno samo da bi slika bila pregledna, u praksi je broj limova mnogo veći.

* Što se tiče dimenzija jezgra, u praksi je skoro uvek $a=b$, što olakšava izračunavanje površine preseka srednjeg dela jezgra:

$$S=b^2.$$



*Slika 1.5. Jezgro mrežnog transformatora sklopljeno od E i I limova*

Pri nabavci transformatora mora da se vodi računa o veličini sekundarnog napona i maksimalne struje koju taj namotaj može da izdrži.

Ako transformator ima samo jedan sekundar a nema podatka o maksimalnoj struji sekundara, već je data snaga transformatora, tada je struja sekundara:

$$I_S = P_S / U_S,$$

gde su:

$I_S$ – maksimalna struja sekunadara u amperima,

$P_S$ – snaga transformatora u vatima i

$U_S$ – napon na sekundaru u voltima.

Na primer, ako je $P_S$=30 W i $U_S$=12 V, maksimalna struja sekundara je $I_S$=30/12=2,5 A.

Veličina struje primara, koja je potrebna pri usvajanju osigurača, prekidača mrežnog napona i sl, se računa po obrascu:

$$I_P = 1{,}1 \cdot P_S / 220,$$

koji, u slučaju prethodnog primera, daje veličinu: $I_P = 1{,}1 \cdot 30/220 = 150$ mA.

Maksimalna struja sekundara treba da je jednaka ili veća od struje potrošača koji treba da se napaja iz ispravljača. U praksi se obično, radi veće sigurnosti, usvaja da je struja sekundara za 20 do 50 % veća od struje potrošača. Zbog toga je i snaga transformatora za oko 20 do 50 % veća od potrebne snage. Takav transformator je i veći i skuplji, ali i mnogo pouzdaniji.

Veličina napona sekundara zavisi od vrste ispravljača. Za napajanje uređaja koji vuče vrlo malu jednosmernu struju može da se koristi šema sa slike 1.1-a. Tada sekundarni napon treba da je $U_S$=0,7·$U_1$ ili nešto malo veći. ($U_1$ je jednosmerni napon napajanja dotičnog uređaja.)

Na primer, ako ispravljačem sa slike 1.1-a treba napajati neki uređaj u kome se koristi baterija od 9 V tada je $U_S$= 0,7·9 V = 6,3 V. Ako za napajanje potrošača koji vuče malu struju koristite neku drugu šemu sa slike 1.1, tada napon sekundara treba da ima veličinu kao što je na toj slici.

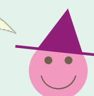
Ako na ispravljač sa slike 1.1-a, 1.1-b, 1.1-c ili 1.1-d (a oni se najčešće koriste) želite da dodate neki od kasnije opisanih stabilizatora napona, tada napon $U_1$ treba da je bar za nekoliko volti veći od napona na izlazu stabilizatora, a napon $U_S$ se računa prema obrascima na slici.

Na primer, ako je najveći jednosmerni napon koji se dobija na izlazu nekog stabilizatora sa promenljivim izlaznim naponom jednak 16 V, tada $U_1$ treba da je jednak ili veći od 19 V, a $U_S$ jednak ili veći od 13 V.



Kao što može da se zaključi iz prethodnih formula, transformatori velikih snaga imaju prilično velike dimenzije i težinu. Zbog toga se, kad su u pitanju velike snage, sve češće koriste transformatori sa torusnim jezgrom, čije su dimenzije manje.

Pri projektovanju štampanog kola, treba imati u vidu da se toplota sa ispravljačkih diodai Grecovih usmerača, odvodi i preko njihovih priključaka. Zbog toga, delovi štampanog kola koji su spojeni sa stopicama u koje se leme nožice dioda ili Grecovog usmerača treba da imaju što veću površinu, da bi efikasnije zračili toplotu.



## 1.2. Ispravljačke diode

Pri nabavaci ispravljačkih dioda sa slike 1.1 treba voditi računa o dve stvari: maksimalnoj struji diode i njenom maksimalnom inverznom naponu. Maksimalna struja je najveća struja koja neograničeno dugo može da teče kroz propusno polarisanu diodu. Ona treba da je jednaka ili, sto je bolje, veća od maksimalne struje koju potrošač vuče iz ispravljača. Maksimalni inverzni napon je najveći napon koji postoji između katode i anode diode kada je ova polarisana nepropusno (za vreme negativnih poluperioda sekundarnog napona) koji dioda može da izdrži, a da ne dođe do oštećenja, odnosno do proboja diode. Što se tiče dioda sa slike 1.1, sve će biti u redu ako je maksimalni inverzni napon dioda 2,8 ili više puta veći od napona $U_S$.

*Ispravljačke diode iz serije 4000, koje se često koriste, imaju maksimalnu struju od jednog ampera a maksimalni inverzni naponi su:*

1N4001 – 50 V,
1N4002 – 100 V,
1N4004 – 400 V,
1N4005 – 600 V,
1N4006 – 800 V,
1N4007 – 1000 V i
1N4007S – 1300 V.

*Diode iz serije 5400 imaju maksimalnu struju tri ampera a maksimalni inverzni naponi su:*

1N5400 – 50 V,
1N5401 – 100V,
1N5402 – 200V,
1N5403 – 300V,
1N5404 – 400V,
1N5405 – 500V,
1N5406 – 600V,
1N5407 – 800V i
1N5408 – 1000V.

Dimenzije ove dve vrste ispravljačkih dioda date su na slici 1.6-a.

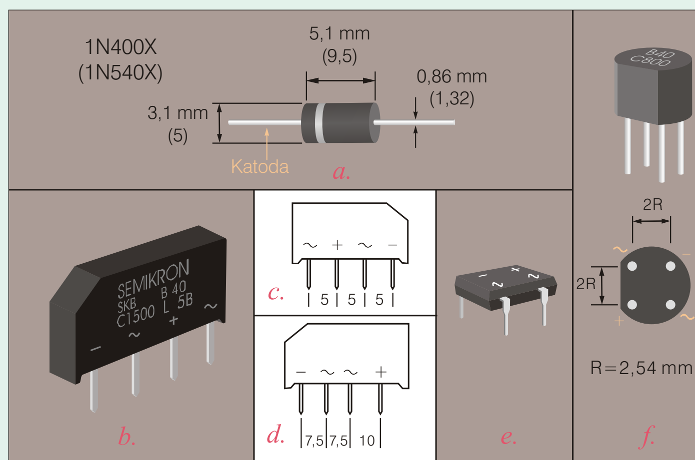
Kao što je već rečeno, umesto četiri diode na slikama 1.1 -c i 1.1 -f, može da se koristi i Grecov usmerač. To su, u stvari, četiri diode u zajedničkom plastičnom kućištu iz koga izlaze četiri priključka obeležena sa +, – i dve male sinusoide, kao što se vidi na slici 1.1-c. Grecovi usmerači se smeštaju u plastična kućišta raznih oblika i veličina, što zavisi od veličine njihovih struja i napona, ali se u praksi najčešće sreću u kućištima u obliku paralelopipeda (sl. 1.6-b) ili valjka (sl. 16-f).

Rastojanje između susednih nožica je najčešće 5 mm ali može da bude i 7,5 mm, a ako je jedna od nožica na većem rastojanju od ostalih to rastojanje je 10 mm.

Oznake Grecovih usmerača su najčešće u obliku B40C800 u kome broj iza slova B označava najveći naizmenični napon koji može da se dovede na usmerač, a broj iza slova C najveću struju usmerača (u miliamperima). U našem primeru, napon je 40 V, a struja 800 mA.

Na slici 1.6 su prikazana tri oblika pakovanja (kučišta) Grecovih usmerača.

Često korišćeno pakovanje usmerača za struje do oko 5 A je u obliku kao na slici 1.6-b. Ako su rastojanja između nožica 5 mm, kao na slici 1.6-c, naponi su do 500 V, a struja do 3,7 A. U sličnom pakovanju, ali nešto većih dimenzija, kao




*Slika 1.6. Ispravljačke diode i Grecovi usmerači*

na slici 1.6-d, sa rastojanjima između nožica od 7,5 mm odnosno 10 mm, su usmerači sa naponom do 500 V i strujom do 5 A.

Grecov usmerač na slici 1.6-e je smešten u plastično DIL (Dual In Line) kućište, slično kućištima u koja se smeštaju i mnoga integrisana kola. Naponi su do 500 V, a struje do 1 A.

Usmerač na slici 1.6-f se često koristi jer je, prema iskustvu autora ovog teksta, najjeftiniji. Naponi su mu do 250 V a struja do 1,5 A. Slovom R se označava rastojanje od desetog dela inča što iznosi 2,54 mm.

## 1.3. Kondenzator u ispravljaču

Osnovne karakteristike elektrolitskog kondenzatora C u ispravljačima na slici 1.1 su kapacitivnost i maksimalna veličina jednosmernog napona na koji on može da se priključi. Obe ove karakteristike su ispisane na kućištu kondenzatora. Pored njih na kućištu je jasno označen i polaritet kondenzatora, tj. koji je priključak (nožica) pozitivan, a koji negativan. Pri montaži kondenzatora, mora strogo da se vodi računa o polaritetu jer ako se pogreši kondenzator biva trajno uništen a, kod ispravljača veće snage, kondenzator može čak i da, uz snažan prasak, eksplodira.

Na slici 1.7 su prikazana dva elektrolitska kondenzatora na kojima se jasno vide kolike su im kapacitivnosti i naponi. Vrlo upadljivo je označeno i koji je priključak pozitivan, Onaj drugi je negativan. Na slici 1.7-a je kondenzator za čija su oba priključka sa iste strane. Obično se kaže da je to kondenzator za vertikalnu montažu, mada on u uređaju može da bude i u horizontalnom položaju. Kondenzator na slici 1.7-b je za horizontalnu montažu ali, kad se jedna od nožica savije, kao na slici 1.7-c, može da se montira i vertikalno.

Ako bi na ispravljač sa slike 1.1-a (sa sekundarnim naponom od oko 7 V i elektrolitskim kondenzatorom kapacitivnosti C = 100   F) priključili džepni tranzistorski radio koji koristi bateriju od 9 V, iz zvučnika bi se, pored programa stanice na koju je prijemnik podešen, čulo i vrlo snažno brujanje učestanosti 50 Hz. Ako bi paralelno kondenzatoru C priključili još jedan kondenzator, brujanje bi postalo tiše, a ako bi dodali još jedan, brujanje bi bilo još tiše. Iz ovoga možemo da zaključimo da se kapacitivnost kondenzatora C sa slike 1.1 određuje u skladu sa pravilom ŠV-TB (Što Veći-To Bolji), što je tačno, ako ne preterate. Naime, svaki prazan kondenzator se ponaša kao kratak spoj pa, pri uključenju ispravljača, početna struja punjenja kondenzatora vrlo velike kapacitivnosti može da bude toliko velika da uništi diodu. Kapacitivnost kondenzatora C može da se izračuna prema formulama:

$$C \quad \frac{I_1}{U_1} \, 50\,000 \quad F \; - \text{ dvostrano usmeravanje, ili}$$

$$C \quad \frac{I_1}{U_1} \, 100\,000 \quad F \; - \text{ jednostrano usmeravanje,}$$

u kojima je $I_1$ maksimalna struja potrošača a $U_1$ izlazni napon ispravljača, kao na slici 1.1.

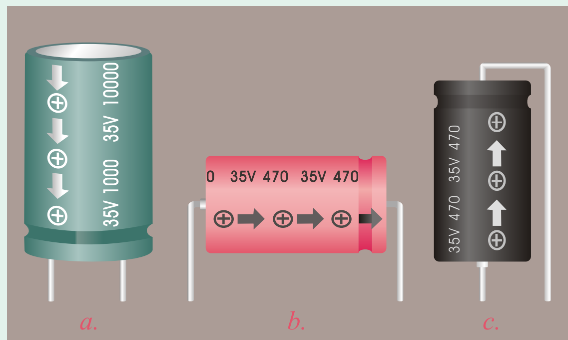
Na primer, ako je na slici 1.1-a izlazni jednosmerni napon $U_1$=10 V, a jednosmerna struja koju ovaj ispravljač predaje potrošaču, koji nije prikazan na slici, $I_1$=100 mA, tad je kapacitivnost kondenzatora:

$$C=0{,}1 \cdot 100000/10=1000 \quad F.$$

Pod istim uslovima kapacitivnost kondenzatora na slici 1,1-c je:

$$C=0{,}1 \cdot 50000/10=500 \quad F.$$

Radni napon kondenzatora treba da je veći od jednosmernog napona koji na njemu postoji tokom rada ispravljača. To znači da radni napon kondenzatora na slici 1.1 (svih izuzev na slici 1.1 -b) treba daje veći od $U_1$. (Na slici 1.1 -b treba da je veći od $U_1$/2).



*Slika 1.7. Elektrolitski kondenzatori: a-za vertikalnu montažu, b-za horizontalnu montažu, c-sa savijenim izvodima za vertikalnu montažu*

Primer: Potreban nam je ispravljač čiji je izlazni napon $U_1$ = 15 V, a maksimalna izlazna struja (struja potrošača) je $I_1$=0,1 A. Usvajamo šemu sa slike 1.1-c. Mrežni transformator treba da ima sekundarni napon:

$$U_S=0{,}71 \cdot U_1=0{,}71 \cdot 15=11 \text{ V}.$$

Maksimalna struja sekundara trebalo bi da je 0,1 A ili veća, odnosno snaga transformatora treba da je jednaka ili veća od 1,1 W. Ali zbog pada napona na diodama (koji je oko 1,4 V) trebalo bi usvojiti transformator sa nešto većim sekundarnim naponom (recimo $U_S$= 12 V) a, zbog gubitaka, i snaga bi trebalo da je veća (recimo 1,5 W ili veća). Pošto transformator ovako male snage ne postoji, usvojićemo neki koji postoji, recimo transformator snage 6 W.

Za diode usvajamo 1N4001 čija je maksimalna struja 1A, a maksimalni inverzni napon je 50 V, što je znatno veće od potrebnih 30 V.

Kapacitivnost kondenzatora je:

$$C=0{,}1 \cdot 50000/15=330 \quad F.$$

a mi, zbog lakše nabavke, usvajamo kondenzator kapacitivnosti $C$=470   F.

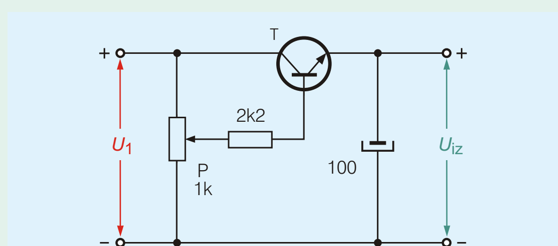
Radni napon kondenzatora treba da je veći od 15 V. Pošto se proizvode kondenzatori sa radnim naponom od 16 V, možemo da usvojimo kondenzator C = 470/   F/16 V, ali će, ipak, biti bolje i sigurnije ako usvojimo C = 470   F/25 V ili C = 500   F/35 V.

# 2. STABILIZATORI JEDNOSMERNOG NAPONA

Kao što je to već napomenuto, jednosmerni napon $U_1$ na izlazu ispravljača sa slike 1.1 nije stabilan i ima veličinu kao što je na slikama samo kada na ispravljač nije priključen nikakav potrošač. Čim se na ispravljač priključi potrošač i počne da teče struja, dolazi do pada napona na otpornosti žice transformatora i otpornosti dioda što dovodi do smanjenja izlaznog napona. Pri malim strujama potrošača (pet do deset puta manjim od maksimalne struje sekundara), smanjenje izlaznog napona može da se toleriše jer je relativno malo i nema velikog uticaja na rad uređaja koji se napaja iz ispravljača. Ali ako potrošač vuče veću struju, smanjenje izlaznog napona $U_1$ je suviše veliko i ne može da se toleriše. U takvim slučajevima se isparavljačima sa slike 1.1 dodaju stabilizatori jednosmernog napona pomoću kojih se ostvaruje da je jednosmerni napon na izlazu iz ispravljača konstantan i ne zavisi ni od veličine struje potrošača, a ni od mogućih promena mrežnog napona.

## *2.1. Umanjivač napona*

Ako se na šemi sa slike 2.1 koristi kondenzator kapacitivnosti nekoliko stotina mikrofarada, izlazni napon $U_{iz}$ je stabilniji od ulaznog napona $U_2$ ali to kolo nije stabilizator u pravom smislu te reci. Bolje ga je zvati umanjivač napona. Ovo kolo može da se koristi u slučajevima kada neki potrošač treba da se priključi na izvor koji daje napon koji je znatno veći od potrebnog. Recimo, kolo sa slike 2.1 može da se koristi kada



*Slika 2.1. Umanjivač napona*

na izvor jednosmernog napona od 12 V (recimo na automobilski akumulator) želite da priključite radio-prijemnik, kasetofon ili neki drugi uređaj koji se napaja iz baterije od, recimo, 7,5 V. Akumulator se, vodeći računa o polaritetu, priključi na ulaz kola sa slike 2.1 a radio-prijemnik na izlaz. Na izlaz se priključi i voltmetar a zatim se klizač potenciometra pomera nagore dok se izlazni napon ne podesi na 7,5 V. Potenciometar je linearan, otpornosti 5 k . Pri većim strujama potrošača, koristi se potenciometar manje otpornosti (recimo 1 k ili manje), a ako su veliki i struja potrošača i ulazni napon, potenciometar treba da je žičani.

## *2.2. Stabilizator sa Zener diodom*

Stabilizator sa Zener diodom je najjednostavniji stabilizator jednosmernog napona ali se praktično koristi samo ako potrošač vuče malu (do desetak miliampera) jednosmernu struju. Električna šema stabilizatora sa Zener diodom je prikazana na slici 2.2-a. $U_1$ je jednosmerni nestabilisani napon koji se dovodi sa nekog od ispravljača sa slike 1.1, a sa $R_p$ je obeležen potrošač kroz koji teče struja $I_p$. Izlazni stabilisani napon $U_{st}$ je jednak Zenerovom naponu diode $U_z$. Otpornost otpornika $R$ se računa po obrascu:

$$R \quad \frac{U_1 \quad U_{st}}{I_z \quad I_{st}}$$

Na primer, ako je $U_1 = 13$ V, $U_z$=6 V, $I_z$=8 mA i $I_p$=3 mA, otpornost je:

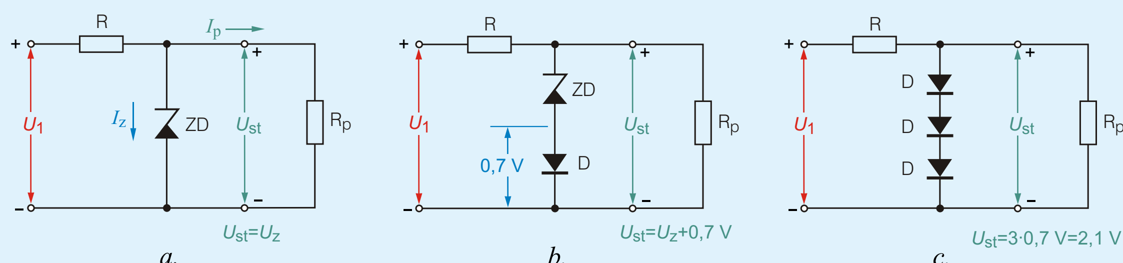
$R$=(13–6)/(0,008+0,003)=640 .

Ako podaci o strujama nisu poznati, ali se zna da struja $I_p$ nije veća od desetak miliampera, treba probati sa otpornikom otpornosti više stotina oma (recimo 680 ) pa ako uređaj normalno radi a dioda se ne greje, sve je u redu. Ako se dioda greje, treba probati sa otpornikom veće otpornosti a ako napon $U_{st}$ nije stabilan i jednak $U_z$, treba probati sa otpornikom manje otpornosti. Snaga otpornika je polovina vata ili veća. U svakom slučaju, koristi se dioda čiji je Zenerov napon jednak naponu napajanja potrošača koji je priključen na stabilizator.

Ako je potrebni jednosmerni stabilisani napon $U_{st}$ veći od Zenerovog napona diode koja je na raspolaganju, tada na red sa Zener diodom može da se veže još jedna Zenerova dioda. Tada je $U_{st}$ jednak zbiru Zenerovih napona dioda. Može da se veže na red i obična, propusno polarisana, ispravljačka dioda (sl. 2.2-b). Ako je to silicijumska dioda, izlazni napon će biti veći od Zenerovog napona za 0,7 V ako je germanijumska biće veći za 0,2 V. Ako dodate još jednu diodu, $U_{st}$ će biti veći za 1,4 V, odnosno za 0,4 V.

Za dobijanje vrlo malih stabilisanih napona mogu da se koriste ispravljačke diode umesto odgovarajuće Zenerove diode. Kao primer, na slici 2.2-c je prikazan stabilizator sa tri diode čiji je izlazni napon 2,1 V (Si diode) ili 0,6 V (Ge diode).

U stabilizatoru na slici 2.2-c mogu da se koriste i LED diode, čije svetljenje istovremeno služi i kao optički indikator uključenosti ispravljača.



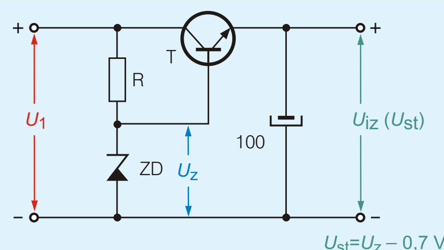

*Slika 2.2. Stabiluzatori napona sa Zenerovom diodom*

## *2.3. Stabilizator sa tranzistorom i Zener diodom*

Ovaj stabilizator (sl. 2.3) je pogodan za ugrađivanje u neki uređaj. $U_1$ je jednosmerni napon koji daje neki od ispravljača sa slike 1.1, a $U_{st}$ stabilisani jednosmerni napon kojim se napaja uređaj. Za dobar rad stabilizatora potrebno je da napon $U_1$ bude za nekoliko volti (recimo 5) veći od $U_{st}$, mada može da bude i veći. T je bilo koji NPN tranzistor čija je maksimalna dozvoljena kolektorska struja ($I_{Cmax}$) jednaka ili veća od maksimalne struje ($I_p$) koju vuče uređaj (potrošač) priključen na izlaz stabilizatora. Snaga disipacije tranzistora treba da je jednaka ili veća od $P_C = (U_1 – U_{st}) \cdot I_p$.

Oni kojima podaci o tranzistorima nisu dostupni mogu da isprobaju šemu sa bilo kojim NPN tranzistorom pa, ako je napon $U_{st}$ stabilan, i uređaj priključen na ispravljač normalno radi, a tranzistor T se ne zagreva mnogo, sve je u redu. Ako se tranzistor pregreva, treba ga montirati na hladnjak, a ako ni to ne pomaže, treba probati sa nekim tranzistorom veće snage (BD135, BD235, 2N3055, itd.).

Zenerova dioda treba da ima napon ($U_z$) koji je za oko 0,7 V veći od potrebnog izlaznog napona $U_{st}$.




*Slika 2.3. Stabilizator sa Zener diodom i rednim tranzistorom*

Otpornost otpornika R sa slike 2.3, se računa po obrascu:

$$R \quad \frac{U_1 \quad U_z}{I_z \quad I_B}$$

u kome su:

$I_Z$ – struja Zener diode i

$I_B$ – struja baze tranzistora.

Oni koji ne vole računanje, ili vole ali nemaju potrebne podatke, mogu otpornost R da odrede eksperimentom. Stavite za početak otpornik od 680   i uključite uređaj koji treba da napajate na izlaz stabilizatora. Ako je napon $U_{st}$ stabilan a dioda Z se ne greje, sve je u redu. Ako se dioda greje, probajte sa otpornikom veće otpornosti a ako $U_{st}$ nije stabilan, probajte sa otpornikom manje otpornosti. Snaga otpornika je četvrtina vata ili veća.

Kapacitivnost kondenzatora C je od nekoliko desetina do nekoliko stotina mikrofarada a radni napon kondenzatora je veći od $U_1$.

Primer: Pravimo kompletan ispravljač za ugradnju u radio-prijemnik koji se napaja iz baterije od 7,5 V, a čija je maksimalna struja $I_p$=80 mA. Za usmerač usvajamo šemu veza sa slike 1.1c i, na način opisan u prethodnom primeru, odredimo transforma-tor, diode i kondenzator C. U tom primeru je bilo $U_1$ = 15 V, što je znatno veće od $U_{st}$=7,5 V. Prema tome, snaga disipacije (rasipanja) toplote tranzistora treba da je: $P_C$ = (15–7,5)·0,08=0,6 W.

Za tranzistor T usvajamo neki NPN tranzistor srednje snage čija je $P_C$>0,6 W, recimo BC140; za kondenzator C (na sl. 2.3) usvajamo C=100   F/25 V; a za Zener diodu usvajamo ZPD8.3, čiji je Zenerov napon $U_Z$=8,3 V. Pošto je koeficijent strujnog pojačanja tranzistora BC140 jednak $h_{FE}$=100, a kolektorska struja mu je $I_C$=80 mA, struja baze je $I_B$=$I_C$/100=0,8 mA. Struja kroz diodu je oko 9 mA pa je otpornost otpornika R:

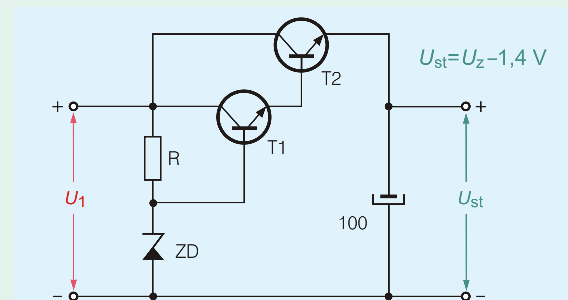
$$R \quad \frac{U_1 \quad U_z}{I_z \quad I_B} \quad \frac{15 \quad 8{,}3}{0{,}009 \quad 0{,}001} \quad 670 \quad .$$

Pošto takav otpornik ne postoji u seriji E24, a otpornici iz ove serije se najčešće koriste, usvajamo otpornik čija je otpornost najbliža izračunatoj vrednosti, a to je R=680  .

## 2.4. Stabilizator sa dva tranzistora i Zener diodom

Stabilizator sa slike 2.3, sa tranzistorom BC140, daje dobre rezultate za struje potrošača do 100 mA ili nešto veće ako tranzistor ima hladnjak i ako je napon $U_1$ veći od $U_{st}$ za samo nekoliko volti. Za struje veće od 100 mA trebalo bi koristiti snažniji tranzistor ali je bolje ako se koriste dva tranzistora u Darlingtonovom spoju. Takvo rešenje je prikazano na slici 2.4. Kao što se vidi, to je stabilizator sa slike 2.3 kome je dodat snažan tranzistor $T_2$. To, za struje reda veličine ampera, može da bude BD235, 2N3055, itd., dok $T_1$ može da bude BC140 ili neki drugi NPN tranzistor. Zapazite da je sada izlazni napon $U_{st}$ manji od Zenerovog napona $U_Z$ za oko 1,4 V. To znači da na šemi sa slike 2.4 treba koristiti Zener diodu čiji je napon za 1,4 V veći od napona $U_{st}$.

Maksimalna kolektorska struja tranzistora $T_2$ treba da je jednaka ili veća od potrebne struje ispravljača, a maksimalna kolektorska struja tranzistora $T_1$ je manja od ove vrednosti onoliko puta koliki je koeficijent strujnog pojačanja tranzistora $T_2$. Snaga svakog tranzistora je jednaka proizvodu njegove kolektorske struje i razlike napona ($U_1$–$U_{st}$).




Slika 2.4. Stabilizator sa Zener diodom i dva tranzistora u Darlingtonovom spoju

Na primer, ako struja ispravljača treba da bude 4 A, maksimalna kolektorska struja $T_2$ treba da je tolika, ili veća. Ako je koeficijent strujnog pojačanja $T_2$ jednak 40, tada kroz $T_1$ teče struja 4A/40=100 mA, pa njegova maksimalna kolektorska struja treba da je je tolika ili veća. Koeficijent strujnog pojačanja tranzistora $T_1$ treba da je što veći. Snaga $T_2$ treba da je jednaka ili veća od 4·($U_1$–$U_{st}$), a snaga $T_1$ da je jednaka ili veća od 0,1·($U_1$–$U_{st}$). Za, na primer, $U_1$=17 V i $U_{st}$=12 V pomenute snage su 20 W i 0,5 W.

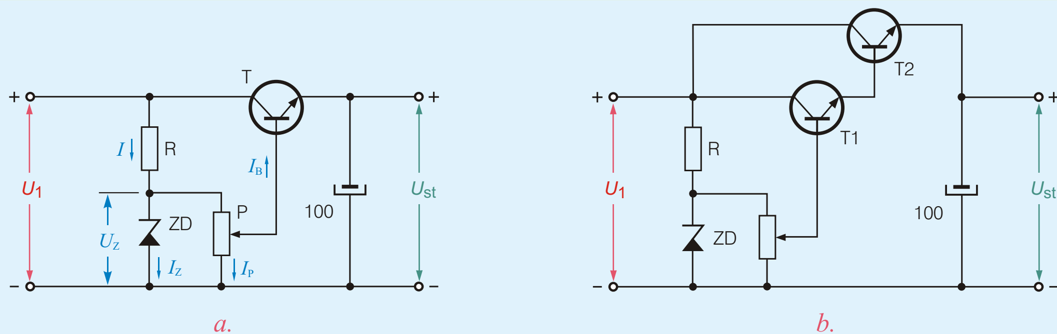
## 2.5. Stabilizator sa tranzistorima sa promenljivim izlaznim naponom

Ispravljač koji je predviđen za napajanje različitih elektronskih uređaja treba da ima stabilizator čiji izlazni napon može da se podesi na bilo koju veličinu u nekom opsegu. Na primer, za servisiranje prenosnih radio-prijemnika, vokmena, CD plejera i sličnih uređaja, potreban je ispravljač sa stabilizatorom čiji jednosmerni izlazni napon može da se podesi na potrebnu vrednost u granicama od 3 V do 9 V. Za takve i slične prilike moguće je koristiti stabilizatore sa slike 2.5. Stabilizator na slici 2.5-a je za manje struje (do oko 100 mA), a na slici 2.5-b za veće (do nekoliko ampera).

Veličina izlaznog napona se podešava pomeranjem klizača potenciometra. Kada je klizač u krajnjem donjem položaju izlazni napon je jednak nuli, a kada je u krajnjem gornjem izlazni napon je za oko 0,7V (sl. 2.5-a) ili 1,4 V (sl.2.5-b) manji od Zenerovog napona diode $U_Z$.

Otpornosti otpornika R i potenciometra P se računaju po obrascima:

$$R \quad \frac{U_1 \quad U_Z}{I_Z \quad 10 I_B}, \qquad P \quad \frac{U_Z}{10 I_B},$$




*Slika 2.5. Stabilizatori sa izlaznim naponom čija veličina može da se podešava*

u kojima je $I_B$ struja baze tranzistora pri najvećoj izlaznoj struji $I_{pmax}$. Ova struja se računa po obrascu $I_B = I_{pmax}/h_{FE}$, u kome je $h_{FE}$ koeficijent strujnog pojačanja za jednosmernu struju upotrebljenog tranzistora.

Vrednost koeficijenta $h_{FE}$ se uzima iz kataloga, ali je mnogo bolje ako ga izmerite pomoću digitalnog univerzalnog instrumenta.

Primer: Pravimo stabilizator čiji izlazni napon može da se podešava u opsegu od nule do 9 V, sa maksimalnom izlaznom strujom od 80 mA. Koristimo ispravljač sa slike 1.1c koji daje $U_1$ = 15 V i stabilizator sa slike 2.5-a. Zener dioda ima $U_Z$= 12,7 V i $I_Z$=10 mA. Tranzistor je BC140 za koji u katalogu nalazimo da mu se $h_{FE}$ nalazi u granicama od 20 do 200. Merenjem, pomoću univerzalnog digitalnog instrumenta nalazimo da je $h_{FE}$=60.

Otpornosti otpornika *R* i potenciometra *P* se računaju po ranije datim obrascima:

$$R \quad \frac{16 \quad 12,7}{0,01 \quad 10 \ (0,08/60)} \quad 140$$

$$R_P \quad \frac{12,7}{10 \ (0,08/60)} \quad 1\,k$$

Snaga struje kroz otpornik je:

$$P_R \quad \frac{(U_1 \quad U_Z)^2}{R} \quad \frac{2,3^2}{140} \quad 38\,mW$$

pa usvajamo otpornik bilo koje snage veće od ove vrednosti, recimo otpornik snage 0,25 W.

Snaga struje kroz potenciometar P je:

$$P_P \quad \frac{U_Z^2}{R} \quad \frac{12,7^2}{1000} \quad 162\,mW$$

pa usvajamo potenciometar čija je snaga veća od ove vrednosti, recimo 0,25 W

## 2.6. Stabilizator sa kolom 723

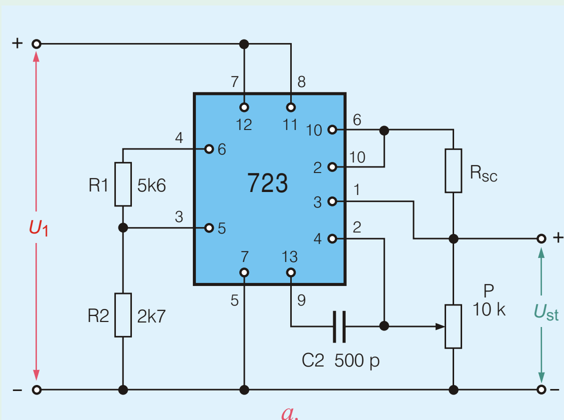
Dobra strana svih prethodnih stabilizatora je u tome što ih je moguće napraviti od lako dostupnih komponenata. Međutim, pravo rešenje problema stabilizacije jednosmernog napona ispravljača su integrisani stabilizatori. Pre svega, oni su bolji i pouzdaniji od stabilizatora sa diskretnim komponentama a i jeftiniji su od diskretnih stabilizatora sličnih karakteristika.

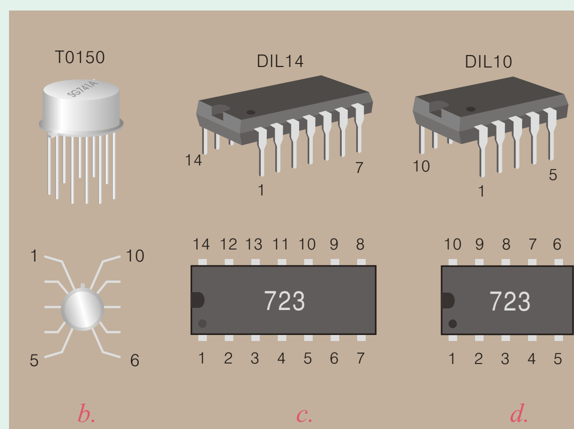
Na slici 2.6 je električna šema stabilizatora sa čuvenim integrisanim kolom 723. To kolo je veoma staro ali se i danas koristi, što svedoči o njegovoj pouzdanosti i kvalitetu. Proizvode ga mnogi proizvođači pa ga u prodaji ima pod raznim oznakama ali se u njima uvek nalazi i broj 723, recimo  A723, LM723, itd. (Kod nas postoji i kolo 723 izrađeno u Rusiji ali je raspored nožica nešto drugačiji, o čemu treba voditi računa.)

Kolo 723 se pakuje u tri različita kućišta: DIL14, DIL10 i TO150. Raspored nožica, kada se kola gledaju odozgo, su prikazani na slikama 2.6-b, c i d.

Na električnoj šemi stabilizatora, slika 2.6-a, brojevi u unutrašnjosti pravougaonika, koji predstavlja integrisano kolo, su redni brojevi nožica kola u DIL14 pakovanju. Brojevi spolja su redni brojevi nožica kola u DIL10 i TO150 pakovanju. Kada se koristi DIL14, nožice 1, 8, 9 i 14 se ne koriste, one se ne leme već samo prolaze kroz rupice na štampanoj ploči.

Ulazni jednosmerni napon $U_1$ je u granicama od 9,5 V do 40 V a izlazni od 2 V do 37 V. Maksimalna struja potrošača je $I_{pmax}$=150 mA. Za dobar rad stabilizatora, minimalna razlika između ulaznog i izlaznog napona $(U_1 - U_{st})$ je 3 V. To znači ako izlazni napon stabilizatora treba da se podešava u opsegu od 2 V do 12 V, ulazni na-




*Slika 2.6. Stabilizator sa integrisanim kolom 723: a - električna šema, b, c, d - raspored nožica*

pon treba da je najmanje $U_1$=15 V.

Maksimalna snaga disipacije kola 741 je 675 mW. To znači da proizvod struje potrošača i razlike ulaznog i izlaznog napona ne sme da bude veći od 0,675 W:

$$I_p \cdot (U_1 - U_{st}) < 0{,}675$$

Na primer, ako potrošač vuče struju $I_p$=120 mA, razlika napona ($U_1$–$U_{st}$) ne sme da bude veća od 0,675/0,120=5,24 V. Ako je pri tome izlazni napon $U_{st}$=9 V, ulazni napon $U_1$ treba da je u granicama 12 V do 14,24 V. Ako je struja manja, tada $U_1$ može da bude i veći od 14,24 V.

Veličina izlaznog napona se podešava pomoću linearnog potenciometra P. Ovaj napon može da se podesi na bilo koju vrednost u opsegu od 2 V do ($U_1$–3 V). Maksimalna izlazna struja od 150 mA se dobija kada je $U_1$=$U_{st}$+3 V.

Ako izlazni napon ne treba da se podešava na razne veličine, umesto potenciometra može da se koristi trimer potenciometar ili dva otpornika.

$R_{sc}$ na slici 2.6-a je otpornik kojim struja potrošača može da se ograniči na neku određenu vrednost, čime se i ispravljač i potrošač štite od oštećenja. Naime, čim struja koju daje ispravljač dostigne tu, unapred određenu, vrednost, u kolu 723 proradi ograničavač koji samnjuje uzlazni napon i sprečava da struja dalje raste. Čak i ako se izlazni priključci stabilizatora kratko spoje, što je, inače, smrtonosno za sve ranije opisane stabilizatore, kao i za ispravljače sa slike 1.1, ispravljač sa slike 2.6 ostaje "živ i zdrav". Ograničavanje struje može da bude korisno i pri eksperimentisanju kao i pri servisiranju uređaja.

Otpornost i snaga otpornika $R_{sc}$ se računaju po obrascima:

$$R_{sc}(\ ) \quad \frac{0{,}7}{I(A)}, \qquad P(W) \quad 0{,}7 \ I(A),$$

u kojima je $I$ struja potrošača, izražena u amperima, koja ne sme da bude prekoračena.

Na primer, ako želite da najveća struja koju stabilizator predaje potrošaču ne bude veća od 120 mA, otpornost senzorskog otpornika je $R_{sc}$=0,7/0,12 =5,8 , a njegova snaga treba da bude veća od $P$=0,7·0,12=0,084 W=84 mW.

Na osnovu ovih rezultata, usvajamo otpornik $R_{sc}$=5,6 /0,25 W.

* Otpornost od 5,6 je iz niza E24, sa tolerancijom od 5%, najbliža proračunatoj vrednosti. Sa njom će struja ograničavanja biti nešto malo veća, ali to može da se toleriše.

## 2.7. Stabilizator sa kolom 723 za velike struje

Kolo 723 može da se koristi i u stabilizatorima čija je jednosmerna struja znatno veća od 150 mA i ide čak do 10 A. Tada kolu treba dodati i tranzistor(e), kao što je prikazano na slici 2.7.

Tranzistor T na slici 2.7-a, za struje do nekoliko ampera može da bude BD235, 2N3055 ili neki drugi snažan tranzistor NPN tipa. Ovaj tranzistor, pošto se prilično greje, treba montirati na hladnjak, bilo fabrički bilo hladnjak koji ćete sami da izradite, što je detaljno objašnjeno u prethodnom broju "*Praktične* ELEKTRONIKE". Fabrički izrađen rebrasti hladnjak je bolje rešenje, ali ako takav ne posedujete, kao hladnjak možete da koristite i ploču od aluminijuma. Štampanu pločicu treba tako projektovati a hladnjak sa tranzitorom tako montirati da žice kojima se elektrode trantistora povezuju sa štampanom pločicom budu što je moguće kraće.

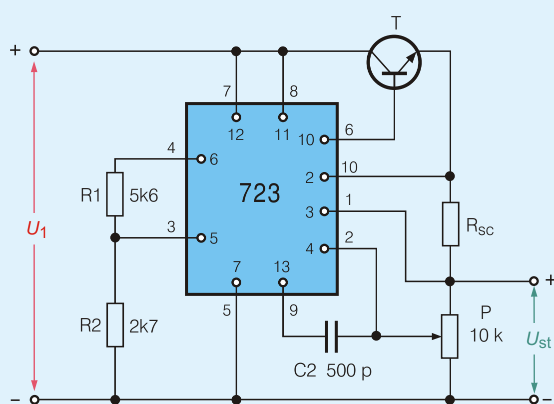
Snaga disipacije tranzistora treba da je jednaka ili veća od

$$P = (U_1 - U_{st}) \cdot I_{pmax},$$

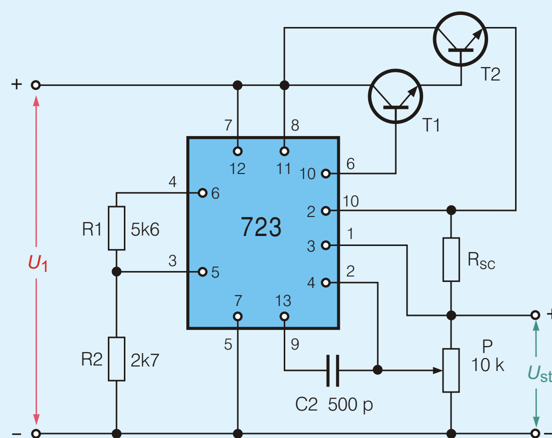
gde je $I_{pmax}$ najveća struja koju stabilizator treba da preda potrošaču.

Znatno bolja stabilizacija, naročito za veće izlazne struje, ostvaruje se upotrebom dva tranzistora u Darlingtonovom spoju, slika 2.7-b.

Tranzistor $T_1$ je srednje snage, sa što većim koeficijentom strujnog pojačanja $h_{FE}$, a $T_2$ tranzistor velike snage i struje koje zadovoljavaju postavljene uslove (recimo 2N3055).




a.




b.

*Slika 2.7. Stabilizator sa integrisanim kolom 723 za veće struje*

Bilo šta da radite, imajte na umu latinsku poslovicu FESTINA LENTE.



Što znači ŽURI POLAKO.



Naš narod to kaže slikovitije: što je brzo, to je kuso.



## 2.8. Stabilizator sa kolom 78XX

Na slici 2.8-1-a je prikazana električna šema stabilizatora napona sa integrisanim kolom iz serije 78XX.

Ova kola se proizvode sa fiksnim izlaznim naponom od 5 V, 6 V ... 24 V, kao što je navedeno u tabeli na slici 2.8-1-c. Maksimalna izlazna struja je 1A. Ono što je ova kola učinilo veoma popularnim su:

* Minimum spoljašnjih komponenata, samo dva kondenzatora u najjednostavnijem slučaju.

* Ugrađena zaštita od kratkog spoja izlaznih priključaka. Ma kolika da je veličina otpornosti potrošača prikčjučenog na izlaz stabilizatora, struja ne može da bude veća od 1,5 A. To znači da kada se otpornost potrošača smanji ispod veličine pri kojoj bi struja bila veća od1A, stabilizator smanji izlazni napon. Kada je otpornost potrošača jednaka nuli (kratak spoj ), izlazni napon se smanji na nulu i stabilizator ostaje čitav.

* Zaštita od pregrevanja. Ako se kolo zagreje na temperaturu iznad temperature pri kojoj normalno radi, ono se automatski isključi i ostaje isključeno dok se ne ohladi.

* Veoma niska cena, više puta niža od stabilizatora sličnih karakteristika realizovanih od posebnih komponenata.

Ako želite da iz stabilizatora izvučete maksimalnu struju od 1,5 A, tada na njegov ulaz treba dovesti jednosmerni napon $U_{1min}$ koji je dat u trećem redu tabele, a ako vam je dovoljna i manja izlazna struja tada ulazni napon $U_1$ može da bude i veći, ali ne veći od vrednosti $U_{1max}$ koja je data u poslednjem redu. Na primer, ako vam je potreban jednosmerni napon od 12 V, koristićete kolo 7812 i ispravljač sa slike 1.1-c. Ako želite maksimalnu struju od oko 1A, kolo mora da se montira na hladnjak, jednosmerni napon $U_1$ treba da je 14,5 V, a naizmenični napon na slici 1.1-c treba da je $U_S = 0{,}71 \cdot 14{,}5 = 10{,}3$ V. Ali, ako ne posedujete takav mrežni transformator, a zadovoljni ste sa strujom do nekoliko stotina miliampera, a to je sasvim dovoljno za mnoge elektronske uređaje, napon $U_1$ može da bude u granicama od 14,5 V do 30 V, a sekundarni napon $U_S$ u granicama od 10,3 V do 21,3 V. Sada i hladnjak može da bude manjih dimenzija, a za male struje – može i bez njega.

Kondenzatore $C_1$ i $C_2$ treba tako montirati da njihovi gornji krajevi budu što je moguće bliže nožicama 1 odnosno 3, a donji krajevi nožici 2 integrisanog kola.

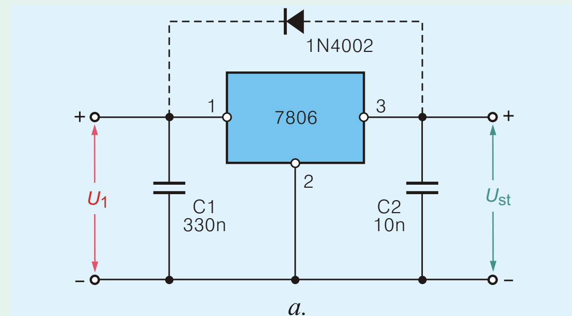
Dioda 1N4002 je se dodaje samo ako se napon $U_{st}$ vodi na potrošač koji na svom ulazu ima kondenzator kapacitivnosti veće od 100 F.

Ako je hladnjak, na kome je integrisano kolo, daleko od štampane ploče, tako da su žice kojima su nožice kola spojene sa štampanim kolom duže od 10 cm, tada kondenzatore treba zalemiti direktno na nožice.

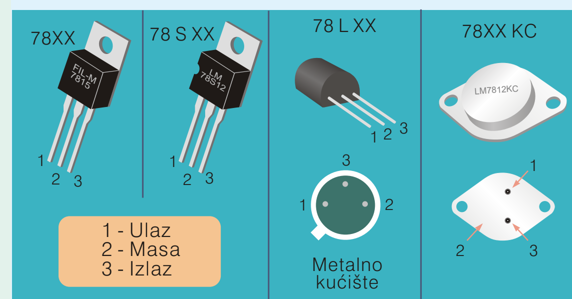
Kola 78XX proizvode mnogi proizvođači koji ih različito obeležavaju ( A78XX, LM78XX, itd.) ali se u oznaci uvek nalazi i broj 78XX.

Pored kola sa oznakom 78XX postoje i druga slična kola za koja važi šema sa slike 2.8-1-a. Izgled i raspored nožica nekih od njih dati su na slici 2.8-1-b.

Kola iz serije 78LXX su za struje do 100 mA, a smeštena su u mala kućišta, u koja se smeštaju i tranzistori malih snaga: plastična (kao, recimo, BC547) ili metalna (kao BC107). Proizvode se za napone: 2V, 5V, 6V, 8V, 9V, 10V, 12V i 15V.




a.




b.

| Kolo | 7805 | 7806 | 7808 | 7809 | 7810 | 7812 | 7815 | 7818 | 7824 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{st}$ | 5V | 6V | 8V | 9V | 10V | 12V | 15V | 18V | 24V |
| $U_{1min}$ | 7V | 8V | 10,5 V | 11V | 12,5 | 14,5V | 17,5V | 21V | 27V |
| $U_{1max}$ | 25V | 25V | 25V | 25V | 28V | 30 | 30V | 33V | 38V |

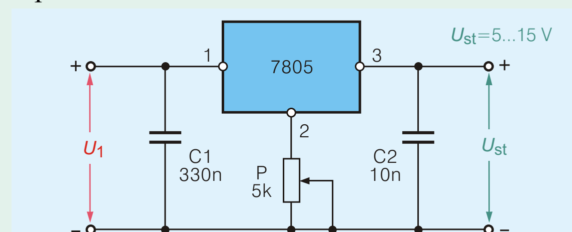
c.

*Slika 2.8-1. Stabilizator sa kolom 78XX*

Kola iz serije 78XXKC imaju maksimalnu struju od 1,5 A, a proizvode se za napone: 5V, 12V, 15V i 24 V.

Kola iz serije 78XX, kao i iz serije 79XX, mogu da se koriste i u stabilizatorima čiji izlazni napon može da se menja Ali, postoji izvesno ograničenje. Ako želimo da stabilizator bude sasvim jednostavan, minimalna vrednost izlaznog napona ne može da bude manja od napona za koje je to kolo predviđeno. Na primer, sa kolom 7806, najmanja vrednost izlaznog napona je 6 V.

Električna šema ispravljača sa kolom 7805, čiji izlazni napon može da se menja u granicama od 5 V do 15 V, prikazana je na slici 2.8-2. Ako izlazni napon nije dovoljno stabilan, treba koristiti potenciometar manje otpornosti (500 do 1000 ), a između nožica 3 i 2 zalemiti otpornik otpornosti 1000 .

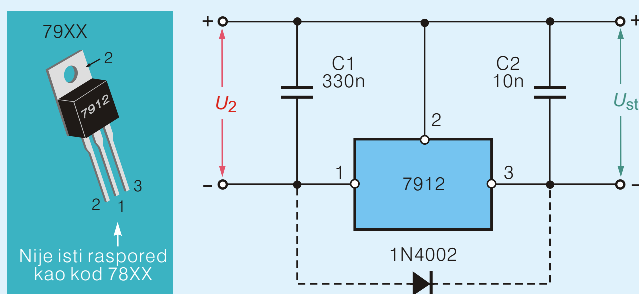



*Slika 2.8-2. Stabilizator sa kolom 7805 sa promenljivim izlaznim naponom*

## 2.9. Stabilizator sa kolom 79XX

Pomoću stabilizatora sa slike 2.8-1-a može da se stabiliše jednosmerni napon $U_1$ bilo kog usmerača sa slike 1.1. Za stabilizaciju jednosmernih napona $U_2$ sa slika 1.1-e i 1.1-f, koji su negativni u odnosu na zajednički provodnik, koriste se kola iz serije 79XX. I za ova kola važi sve što je rečeno u prethodnom delu o kolima iz serije 78XX.

Električna šema stabilizatora sa kolima iz serije 79XX prikazana je na slici 2.9. Kondenzator C1 može da se izostavi ako provodnik kojim je nožica 1 spojena sa donjim krajem kondenzatora C sa slike 1.1-e ili 1.1-f nije duža od 7 cm. Kondenzatore C1 i C2 treba montirati tako da su njihovi donji krajevi što bliži nožici 2 a gornji nožicama 1 odnosno 3 integrisanog kola.




| Kolo | 7905 | 7906 | 7908 | 7912 | 7915 | 7918 | 7924 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{st}$ | -5V | -6V | -8V | -12V | -15V | -18V | -24V |
| $U_{2min}$ | -7V | -8V | -10 V | -14V | -17 | -21V | -27V |
| $U_{2max}$ | -25V | -25V | -25V | -30V | -30V | -33 | -38V |

*Slika 2.9. Stabilizator sa kolom 79XX*

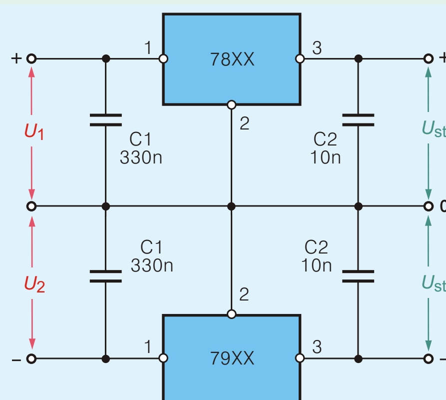
Dioda 1N4002, ili neka slična ispravljačka dioda, se koristi samo ako se napon $U_{st}$ vodi na potrošač koji na svom ulazu ima kondenzator kapacitivnosti veće od 100 F.

I kola 79XX proizvode mnogi proizvođači koji ih različito obeležavaju ( A79XX, LM79XX itd.), ali se u svim nazivima pojavljuje i broj 79XX.

Kola 79XX se najčešće koriste zajedno sa kolima 78XX, kao stabilizatori jednosmernih napona u ispravljačima koji daju dva jednosmerna napona, kao što su oni sa slika 1.1-e i 1.1-f.

Električna šema takvog stabilizatora je data na slici 2.10. Naponi $U_{st1}$ i $U_{st2}$ su istih veličina. Referentna tačka, u odnosu na koju je $U_{st1}$ pozitivan a $U_{st2}$ negativan, koja je obeležena nulom (0), se spaja sa masom uređaja koji se napaja iz ispravljača sa ovim stabilizatorima.

Uređaji koji se napajaju iz ovakvih ispravljača su, najčešće, audio pojačavači vrlo velikih snaga, uređaji sa operacionim pojačavačima itd.




*Slika 2.10. Stabilizator sa kolima 78XX i 79XX*

## 2.10. Stabilizator sa kolom 317

Postoje šeme stabilizatora sa kolima 78XX i 79XX čiji izlazni napon može da se, pomoću potenciometra, menja i podešava na potrebnu vrednost. Ali u stabilizatorima čiji izlazni napon može da se menja najviše se koristi čuveno kolo LM317. U stabilizatoru koji je je ovde opisan koristi se kolo LM317T ili LM317K čija je maksimalna struja 1,5 A. Postoje i kola LM317H i LM317L koja su u kućištima tranzistora manjih snaga, i ova kola mogu da se koriste po istoj šemi kao i kola 317K i 317T, ali treba imati u vidu da je njihova maksimalna struja samo 100 mA.

Kolo 317T (ili 317K) je odličan stabilizator sa ugrađenom zaštitom od preopterećenja (i strujnom i termičkom), čiji izlazni napon može da se podešava u opsegu od $U_{stmin}$=1,2 V do $U_{stmax}$=37 V. Maksimalna izlazna struja je $I_{pmax}$=1,5 A a maksimalna snaga, kada je kolo montirano na hladnjak, je $P_{max}$=20 W. Ulazni napon $U_1$ mora da je za najmanje 3 V veći od izlaznog napona $U_{st}$, a njegova maksimalna vrednost (u slučaju da izlazni napon treba da se menja od 1,2 V do 37 V) je $U_{1max}$=40 V.

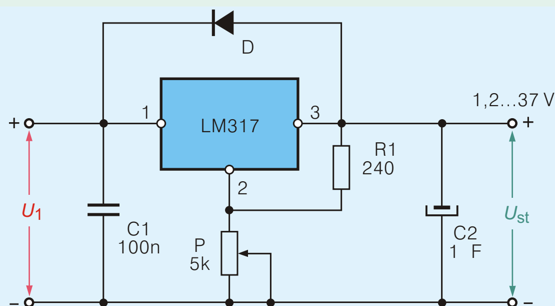
Proizvod struje potrošača $I_p$ i razlike napona ($U_1$–$U_{st}$) ne sme da bude veći od 20 W. Ako je pomenuti proizvod ipak veći od 20 W, kolu se neće ništa desiti jer je zaštićeno i od struje veće od 1,5 A i od pregrevanja. U prvom slučaju izlazni napon će se automatski smanjiti i struja neće biti veća od 1,5 A, a u drugom kolo će se isključiti i ostati isključeno dok se ne ohladi.

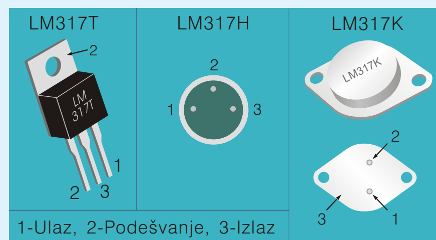
Ako je ulazni napon $U_1$ jednak ili veći od 28 V, izlazni napon se menja pomoću linearnog potenciometra P, po obrascu:

$$U_{st} \quad (1 \quad \frac{R_2}{R_1}) \; 1{,}25\,V ,$$

u kome je $R_2$ – otpornost od gornjeg kraja do klizača potenciometra P.

Donji krajevi kondenzatora i potencio-




*Slika 2.11. Stabilizator sa kolom 317*

metra treba da su zalemljeni što bliže jedan do drugog a gornji krajevi kondenzatora i otpornika $R_2$ što bliže nožicama 1 odnosno 3.

Dioda D štiti kolo od pregorevanja u slučaju kada se napon $U_{st}$ vodi na potrošač koji na svom ulazu ima kondenzator čija je kapacitivnost veća od 100  F. Ako takav kondenzator ne postoji, dioda nije potrebna ali vam autor savetuje da je svakako stavite jer su njemu dva 317 pregorela baš zbog toga što nije bilo te diode.

## *2.11. Stabilizator sa operacionim pojačavačem*

Električna šema stabilizatora sa tranzistorom i operacionim pojačavačem prikazana je na slici 2.12. Izlazni napon je dat formulom:

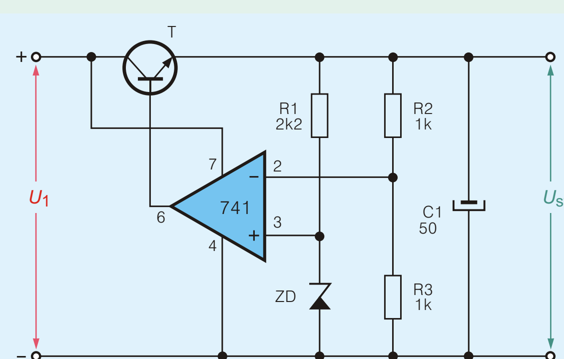
$$U_{st} \quad (1 \quad \frac{R_2}{R_3})\ U_Z$$

u kojoj je $U_2$ – zenerov napon diode ZD.

Naponi veći od 15 V se dobijaju povećavanjem otpornosti $R_2$ i/ili smanjivanjem otpornosti $R_3$. Naponi manji od 15 V se dobijaju smanjivanjem otpornosti $R_2$ i/ili povećavanjem otpornosti $R_3$.

Ako je potrebno da se izlazni napon menja, tada između otpornika $R_2$ i $R_3$ treba vezati potenciometar čiji klizač treba spojiti sa invertujućim (–) ulazom kola 741. Pomeranjem klizača, izlazni napon se menja u granicama definisanim veličinama otpornosti potenciometra, otpornika R2 i R3 i zenerovog napona diode.

Ulazni napon U1 treba da je bar za nekoliko volti veći od maksimalnog izlaznog napona stabilizatora.




*2.12. Stabilizator sa tranzistorom i operacionim pojačavačem*

* Električna šema sa slike 2.12 se koristi u integrisanim stabilizatorima jednosmernog napona o kojima je ranije bilo reči, stim što se dodaju i kola koja služe za zaštiru od kratkog spoja, kola za termičku zaštitu i sl.

# 3. POMOĆNA KOLA

U ovom delu su opisana razna električna kola koja ispravljače čine korisnijim i štite, kako ispravljač tako i uređaj koji se iz ispravljača napaja, od preopterećenja, oštećenja i sl. Neka od njih mogu da se dodaju ispravljačima predviđenim za ugrađivanje u elektronske uređaje ali je većina njih predviđena za dodavanje ispravljačima laboratorijskog tipa koji se koriste pri izradi, testiranju i servisiranju različitih elektronskih uređaja.

## *3.1. Prekidač, osigurač, LED indikator*

Vrlo jednostavni ispravljači bez stabilizatora, koji se najčešće prave po šemi na slici 1.1 -c ili 1.1 -d, obično nemaju ni jednu od komponenata iz naslova ovog odeljka. Oni mogu da budu stalno priključeni na mrežni napon, a prekidanje napajanja se vrši na uređaju koji se napaja iz ispravljača. Ali ako pravite neki složeniji ispravljač, naročito ako je to ispravljač laboratorijskog tipa, ove komponente su obavezne.

Povezivanje prekidača, osigurača i indikatorske diode može da se ostvari prema šemi na slici 3.1. Na toj slici je jednostavan dvostrani ispravljač ali se komponente o kojima je reč na isti način vezuju i kod ostalih ispravljača.

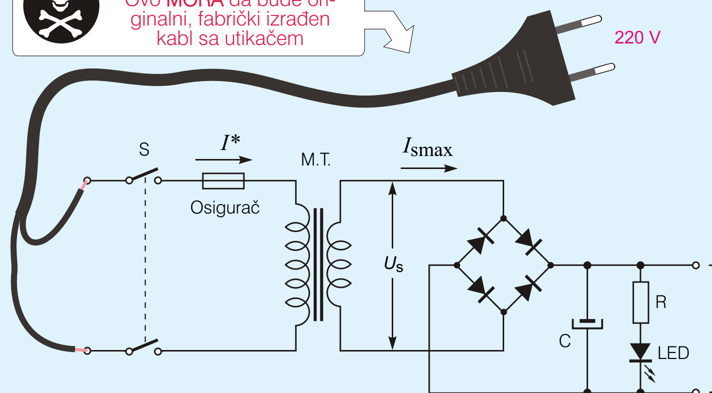
Osigurač treba da je za napon od 220 V, a veličina struje pri kojoj pregoreva ($I^*$) treba da je:

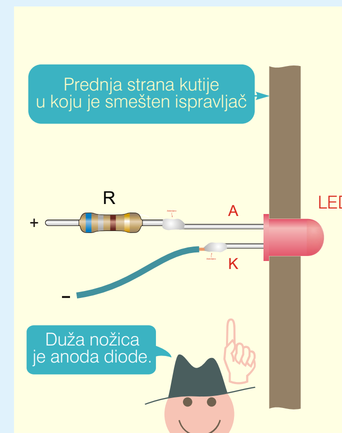
$$I^* \quad 1{,}1\ U_s \frac{I_{s\max}}{220},$$

gde je $U_S$ - sekundarni napon u voltima, a $I_{smax}$ maksimalna struja u amperima koju sekundar može da izdrži. (Naravno, maksimalna izlazna struja ispravljača ne sme da bude veća od $I_{smax}$).

Na primer ako je maksimalna dozvoljena struja sekundar $I_{smax}$=1A a napon sekundara




*Slika 3.1. Povezivanje prekidača, osigurača i LED diode*

$U_S$=20V, tada je struja pri kojoj osigurač pregoreva:

$$I^*=1{,}1\cdot 20\cdot 1/220=0{,}1\ \text{A}.$$

Prekidač S može da bude dvostruki, kao na slici, ili jednostruki (tada se donji kraj primarnog namotaja vezuje direktno na jedan kraj kabla kojim se ispravljač priključuje na mrežni napon). U oba slučaja, prekidač treba da je za 220 V sa strujom koja je veća od struje $I^*$.

Svetleća dioda (LED), koja služi kao optički indikator uključenosti ispravljača, se, obavezno sa zaštitnim otporikom $R$, priključuje paralelno filterskom kondenzatoru. Struja pri kojoj dioda normalno svetli je između 5 mA i 20 mA, što zavisi od vrste i veličine diode. Veličina otpornosti $R$ je u granicama od više stotina oma do nekoliko kilooma, optimalna vrednost se lako nalazi eksperimentom. Za početak, vežite otpornik od jednog kilooma pa ako dioda svetli suviše jako stavite otpornik veće otpornosti, a ako je svetlost slaba – otpornik manje otpornosti.

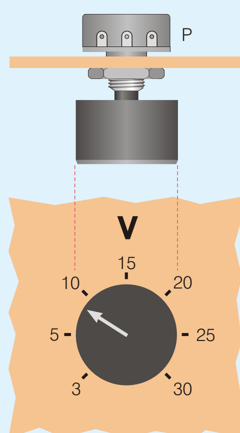
## 3.2. Očitavanje izlaznog napona

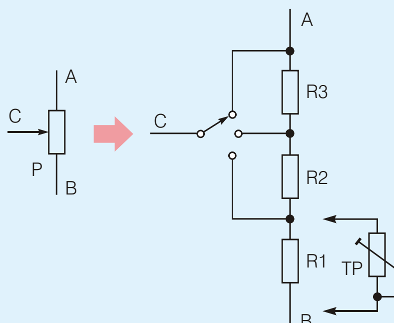
U ispravljačima sa stabilizatorom čiji izlazni napon može da se menja u nekim granicama, podešavanje izlaznog napona se vrši pomoću potenciometra (slike 2.5, 2.6 itd.). Da biste znali koliki je izlazni napon, najjednostavnije je da na izlaz priključite digitalni voltmetar, podesite napon na potrebnu vrednostpon i otkačite voltmetar.

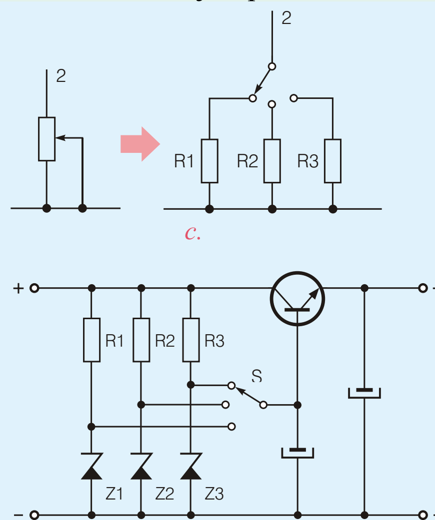
Možete i da koristite dugme malo većeg prečnika na potenciometru  na kome je nacrtana strelica ili nešto slično (sl. 3.2-a), a da na prednjoj ploči kutije ispravljača na kojoj je potenciometar montiran nacrtate kružnu skalu. Pri crtanju, na izlaz ispravljača treba da priključite digitalni voltmetar.

Na slici 3.2-b je prikazano rešenje u kome se umesto potenciometra, kojim se podešava potrebna vrednost stabilisanog napona na izlazu stabilizatora, koristi  preklopnik i tri otpornika. Prikazan je rotacioni preklopnik sa tri položaja ali to može da bude i preklopnik sa klizačem sa tri položaja, koji možete da izvadite iz nekog rashodovanog elektronskog uređaja. (To, na primer, može da bude preklopnik za promenu talasnog područja iz nekog radio-prijemnika i sl, a može i preklopnik kućne radinosti, koji je prikazan na slici 3.2-c.)

Otpornosti otpornika se nalaze eksperimentom u kome se koristi trimer potenciometar TP, čija je otpornost jednaka otpornosti potenciometra P. Trimer se postavi umesto otpornika R1 a preklopnik S u donji položaj. Klizač trimera se pomera dok voltmetar na izlazu stabilizatora ne pokaže potrebnu vrednost, recimo 3V. Trimer se izvadi iz kola i izmeri mu se otpornost. Toliku vrednost treba da ima R1. Ovaj otpornik se stavi na svoje mesto, preklopnik S u srednji položaj, a trimer se veže umesto R2. Ponovo, klizač trimera se pomera dok voltmetar ne pokaže potrebnu vrednost, recimo 6 V. Trimer se izvadi i izmeri mu se otpornost. Tolika treba da je otpornost R2. Na isti



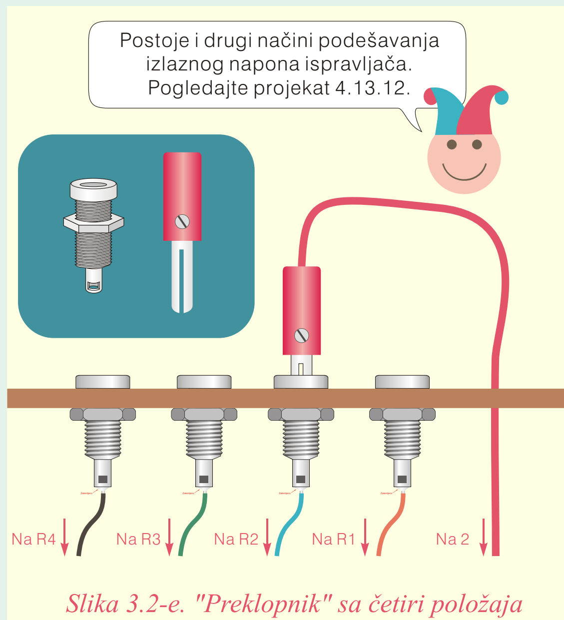

*Slika 3.2. Očitavanje izlaznog napona ispravljača*

način pronađe se i otpornost R3.

Rešenje na slici 3.2-b se koristi u stabilizatorima u kojima je potenciometar povezan kao na slici 2.6. U stabilizatorima sa potenciometrom povezanim kao na slici 2.11, preklopnik i otpornici se vezuju kao na slici 3.2-c. I ovde se otpornosti otpornika nalaze eksperimentom, pomoću trimer potenciometra, na način opisan u prethodnom paragrafu.

U stabilizatorima sa tranzistorima, kao što su, na primer, stabilizatori na slici 2.5, preklopnik se koristi na način prikazan na slici 3.2-d. Naponi Zenerovih dioda treba da su za oko 0,7 V veći od potrebnih izlaznih napona. Proračun otpornosti R1, R2 i R3 se vrši na način koji je opisan u odeljku pod rednim brojem 3.2.

U prethodnim primerima korišćen je preklopnik sa tri položaja, koji omogućuje da ispravljač ima tri izlazna napona. Jasno je da bi bilo bolje da je izlaznih napona više. To može da se ostvari sa preklopnikom sa više položaja. Ali, takvi preklopnici se teško pronalaze, i u prodavnicama i u rashodovanim uređajima. Rešenje, ipak, postoji. To je preklopnik iz kućne radinosti. On se pravi od jednog utikača i više buksni, kao što je prikazano na slici 3.2-e.




*Slika 3.2-e. "Preklopnik" sa četiri položaja*

Na ovoj slici je prikazano povezivanje za slučaj sa slike 3.2-c, s tim što je dodat još jedan otpornik, tako da ispravljač može da se podesi na četiri različita napona.

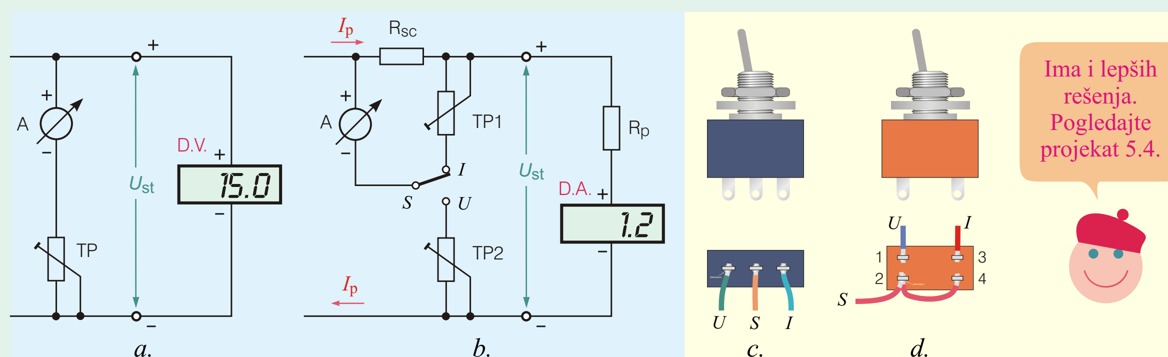
## *3.3. Voltmetar (i ampermetar) za merenje izlaznog napona (i struje)*

Za tačno podešavanje izlaznog napona ispravljača najbolje je koristiti neki voltmetar ugrađen u kutiju, zajedno sa ispravljačem. To može da bude instrument za merenje struje (ampermetar) sa kretnim kalemom, povezan prema slici 3.3-a. Trimer potenciometar je redni otpornik koji omogućuje da se pomoću ampermetra meri napon. Njegova otpornost zavisi od veličine napona koji se meri, od veličine struje pri kojoj igla ampermetra skrene do krajnjeg desnog položaja i od otpornosti kretnog kalema instrumenta. Ipak, otpornost ovog trimera najlakše se nalazi eksperimentom. To se obavlja na sledeći način.

Trimer velike otpornosti (recimo jedan megaom) i instrument se povežu između izlaznih priključaka ispravljača, kao na slici 3.3-a. Klizač trimera stavite u krajnji gornji položaj (tako da je otpornost maksimalana) a na izlaz ispravljača priključite digitalni voltmetar (D.V.) Izlazni napon $U_{st}$ lagano povećavajte do maksimalne vrednosti, vodeći računa da igla instrumenta nikako ne ode u krajnji desni položaj. Ako se vidi da će se to ipak desiti, stavite TP veće otpornosti. Naprotiv, ako igla i pri maksimalnom izlaznom naponu skreće znanto manje od polovine skale, stavite TP manje otpornosti. Kad postignete da igla, pri maksimalnom naponu, skreće oko polovine skale, pomerajte klizač nadole dok igla ne stane na najveću vrednost na skali. Ako je maksimalna vrednost izlaznog napona recimo 15 V, a instrument ima skalu od nule do 15, podešavanje je gotovo. Ako to nije slučaj, moraćete da se snađete. Recimo ako je skala takva da na njoj imate pet podeoka obeleženih brojevima 0, 1, 2, 3, 4 i 5, rešenje je prosto. Jednostavno, ispod instrumenta napišite X3 V, što znači da veličinu koju pokazuje igla treba pomnožiti sa tri. U tom slučaju, ako je igla na sredini između podeoka 2 i 3, izlazni napon je $2{,}5 \cdot 3\ V = 7{,}5\ V$.

Na sličan način možete da postupite i sa drugačije obeleženim skalama, a možete i da otvorite instrument i obrišete (radiranjem pomoću žileta) staru i ispišete (pomoću samolepivih slova) novu skalu. (Iskoristite priliku pa napišite i svoje inicijale, godinu proizvodnje ispravljača, ime drage osobe ili nešto slično).

Vrlo je korisno ako instrument na izlazu ispravljača možete da koristite i za pokazivanje izlazne struje. Vezivanje se ostvaruje prema slici 3.3-b. $R_{SC}$ je otpornik koji je ubačen između pozitivnog izlaznog kraja ispravljača i buksne na prednjoj ploči kutije u kojoj je ispravljač. Veličina




*Slika 3.3. Voltmetar za merenje izlaznog napona i ampermetar za merenje izlazne struje*

njegove otpornost zavisi od otpornosti instrumenta i treba da je što manja, recimo nekoliko oma. Ako ispravljač već ima takav otpornik (kao na slici 2.6), treba ga iskoristiti.

Kao preklopnik za izbor vrste merenja (napona ili struje) može da posluži preklopnik sa slike 3.3-c. On se u trgovinama nalazi pod oznakom 1ONON (1UU). Sa ručicom u položaju kao na slici ostvaren je spoj između srednje i leve, a sa ručicom u suprotnom položaju između srednje i desne nožice.

Moguće je koristiti i starinski "klip-klap" prekidač koji ima četiri priključka, povezan kao na slici 3.3-d. U jednom položaju ručice prekidača spojeni su priključci 1 i 2, a u drugom položaju priključci 3 i 4.

Podešavanje instrumenta za merenje izlaznog napona se vrši pomoću trimera TP2, na način opisan u prethodnom odeljku.

Na sličan način, pomoću TP1, se vrši i podešavanje za merenje izlazne struje. Preklopnik se stavi u gornji položaj (kao na slici), TP1 na maksimum a na izlaz se priključe opteretni otpornik $R_p$ i digitalni ampermetar D.A. Ako je maksimalna struja ispravljača, recimo, 1,2 A, prvo, menjajući izlazni napon, podesite da D.A. pokazuje struju od 1,2 A, a, zatim, pomoću TP2, podesite maksimalno skretanje na instrumentu A. Ako je otpornost otpornika $R_{sc}$=5 (snaga treba da mu je oko 10 W ili veća), tada će potrebni izlazni napon biti $U_{st}$= 5·1,2 = 6 V, ali vama to nije važno, vi ćete izlazni napon da povećavate dok D.A. ne pokaže struju od 1,2 A. Skalu ćete da baždarite na već opisani način. Ako ste, na već opisani način, došli do toga da pri merenju napona ispod instrumenta treba da piše recimo X3V, a pri merenju struje X300 mA, tada ove dve veličine napišite sa leve i desne (ili obrnuto) strane preklopnika S.

## 3.4. Zaštita od preopterećenja

Najgora stvar koja može da se dogodi ispravljačima sa slike 1.1 ili ispravljačima sa te slike kojima je dodat neki od stabilizatora sa slike 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 ili 2.5, je kratak spoj izlaznih priključaka. Osim ako taj spoj nije izuzetno kratkotrajan, sigurno dolazi do pregorevanja dioda ili transformatora. Pri tome treba imati u vidu da do kratkog spoja može da dođe ne samo zbog nepažnje već i zbog toga što je ispravljač priključen na uređaj koji je pokvaren ili vuče struju koja je veća od maksimalne struje ispravljača i sl. Zato je vrlo korisno da se u ispravljač ugradi kolo koje će da spreči da struja ispravljača poraste iznad neke unapred zadate veličine.

Na slici 3.4, kolo za ograničavanje struje sačinjavaju tranzistor $T_2$ i otpornici $R_3$ i $R_{sc}$. Princip rada je vrlo jednostavan. Struja potrošača $I_p$ protiče i kroz otpornik $R_{sc}$ i stvara na njemu pad napona koji je jednak $I_p{\cdot}R_{sc}$. Sve dok je taj napon manji od 0,7 V, tranzistor $T_2$ je zakočen, otpornost izmedju njegovog kolektora i emitera je vrlo velika i on ne provodi struju. Kada struja $I_p$ poraste na veličinu pri kojoj se napon na $R_{sc}$ približava vrednosti od 0,7 V, tranzistor postaje provodan, otpornost između kolektora i emitera se smanjuje, što je isto kao da klizač potenciometra P pomerate na dole. Usled toga, izlazni napon se smanjuje i izlazna struja prestaje da raste. Veličina otpornosti otpornika $R_{sc}$ se računa po obrascu:

$$R_{sc} \quad \frac{0,7}{I},$$

u kome je $I$ - struja koja ne sme da bude prekoračena. Na primer, ako želite da maksimalna struja ispravljača bude ograničena na 100 mA, otpornost je $R_{sc}$=0,7/0,1=7 . Snaga ovog otpornika treba da je jednaka ili veća od $P = 0{,}7{\cdot}I$.

Kada se ispravljač koristi pri servisiranju ili testiranju elektronskih uređaja, korisno je da postoji i mogućnost da se njegova struja u nekom slučaju ograniči na jednu, a u nekom drugom slučaju na neku drugu vrednost. To može da se ostvari korišćenjem više otpornika koji se uključuju pomoću preklopnika, kao što je prikazano u desnom delu slike 3.4.

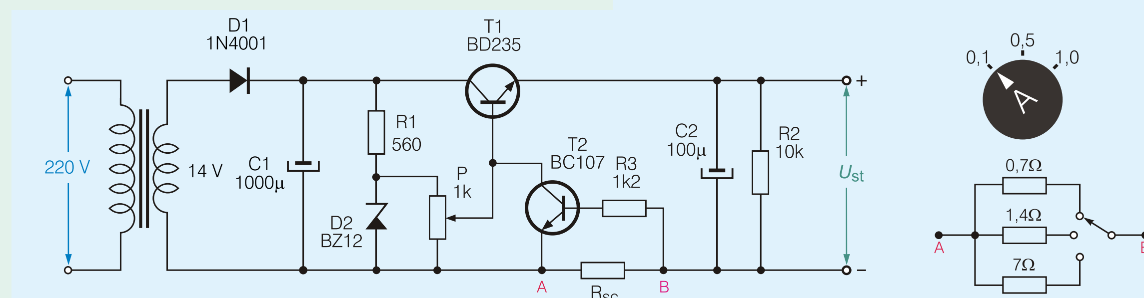
Tri otpornika i preklopnik se ugrađuju umesto otpornika $R_{sc}$ na levom delu slike. Ako je, na primer, $R_{sc1}$=0,7 , $R_{sc2}$=1,4 i $R_{sc3}$=7 , izlazna struja ispravljača može da se, po želji, ograniči na 1A, 0,5 A i 0,1A.

Na dugmetu kojim se okreće preklopnik treba nacrtati strelicu, a na prednjoj ploči kutije ispisati vrednosti struja, kao što je prikazano na slici. U nedostatku preklopnika može da se koristi preklopnik iz kućne radinosti sa slike 3.2. Ovo rešenje ima i svojih prednosti, jedna od njih je i mogućnost da imate bilo koji broj vrednosti struje ograničenja.

$T_2$ je bilo koji NPN tranzistor male snage, recimo BC107, a otpornik $R_3$ služi za ograničavanje struje baze tranzistora $T_2$, čime se ovaj štiti od preopterećenja koje bi moglo da ga uništi.

Ako ne posedujete tropoložajni preklopnik, pogledajte sliku 3.2-e.






*Slika 3.4. Ispravljač sa kolom za ograničenje struje*

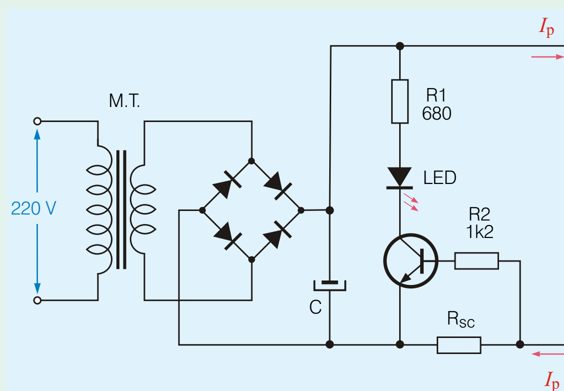
## 3.5. Svetlosni indikator preopterećenja

Kada se ispravljač koristi pri popravci nekog uređaja ili pri eksperimentisanju, može da se desi da taj uređaj usled prevelike struje koju, zato što je neispravan, vuče iz ispravljača bude još više oštećen. U takvim i sličnim slučajevima, kolo koje paljenjem LED diode upozorava da je struja veća od neke unapred zadate vrednosti može da bude vrlo korisno. Na slici 3.5 takvo jedno kolo sačinjavaju LED dioda, tranzistor $T_2$ i otpornici $R_1$, $R_2$ i $R_{sc}$. Ono radi na sličan način kao i kolo za ograničavanje struje sa slike 3.4: kada struja kroz $R_{sc}$ dostigne neku unapred definisanu veličinu, pri kojoj se veličina napona na $R_{sc}$ približi vrednosti od 0,7 V, otpornost tranzistora (otpornost između kolektora i emitera) se smanji, teče kolektorska struja i LED dioda svetli.

Otpornost otpornika $R_{sc}$ se računa po obrascu:

$$R_{sc} \quad \frac{0,7}{I},$$

u kome je $I$ - struja ispravljača pri kojoj LED dioda treba da zasvetli.




*Slika 3.5. Svetlosni indikator preopterećenja*

Snaga otpornika $R_{sc}$ treba da je veća od snage $P=0,7 \cdot I$.

Ako dioda svetli suviše slabo, treba smanjiti otpornost $R_1$, a ako je svetlost prejaka, treba je povećati.

Kao što se vidi na slici 3.5, ceo sklop za optičku indikaciju preopterećenja se vezuje paralelno elektrolitskom kondenzatoru u ispravljaču.

## 3.6. Zvučni indikator preopterećenja

U nekim situacijama paljenje diode iz indikatora opisanog u prošlom poglavlju može da ostane neprimećeno. (A to se, po Marfijevom zakonu, dešava upravo onda kad ne bi trebalo). Za takve slučajeve možete u ispravljač da ugradite uređaj koji će, ako struja poraste iznad neke zadate vrednosti, glasno da "zasvira" i upozori vas da nešto nije kako valja.

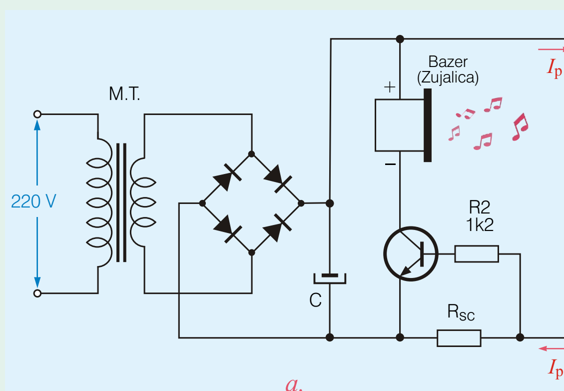
Električna šema takvog jednog uređaja data je na slici 3.6. Kao što se vidi, šema je skoro ista kao šema na slici 3.5. Razlika je samo u tome što se u kolu kolektora umesto LED diode koristi bazer. On se sastoji od NF oscilatora koji proizvodi napon čija se učestanost nalazi u granicama od nekoliko stotina herca do nekoliko kiloherca i keramičkog zvučnika, smeštenih u odgovarajuće kućište.

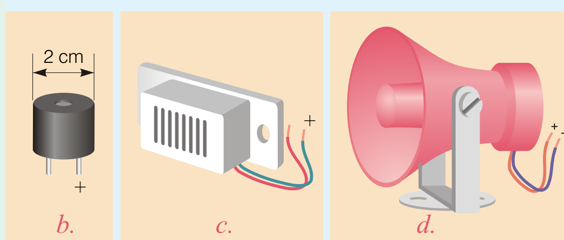
Kao što je to već opisano u prethodnom projektu, kada struja koju potrošač vuče iz ispravljača dostigne neku unapred definisanu vrednost, tranzistor postane provodan, kroz bazer teče struja i iz njega se čuje prodoran ton.

Pri kupovini treba voditi računa da se pod imenom "bazer" prodaju i komponente koje u sebi imaju samo zvučnik, ne i oscilator. Takav nije dobar za šemu na slici 3.6. Jednosmerni napon napajanja bazera treba da je jednak naponu na filterskom kondenzatoru C. Ako je napon bazera manji od napona na kondenzatoru, tada između + pola bazera i gornjeg kraja kondenzatora C treba ubaciti otpornik, čija se otpornost nalazi eksperimentom. Između tačke u kojoj su spojeni otpornik i bazer i negativnog kraja kondenzatora C treba vezati kondenzator kapacitivnosti stotinak mikrofarada.

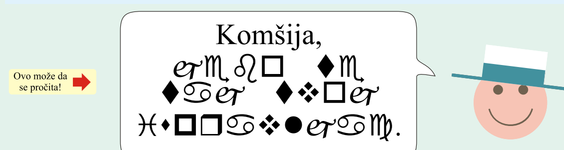
Na slikama 3.6-b i 3.6-c su crteži dva bazera.

* Ako porast struje ispravljača iznad neke definisane vrednosti može da ima izuzetno teške posledice, umesto bazera može da se koristi i sirena iz alarmnih uređaja u automobilima sa slike 3.6-d. U tom slučaju, kad sirena zasvira, imaćete i govorno upozorenje preopterećenja. Na vašim vratima će se pojaviti neko iz komšiluka i reći: "Komšija, izvinite što smetam, ali struja vašeg ispravljača je postala veća od neke unapred definisane vrednosti".




*Slika 3.6. Zvučni indikator preopterećenja*

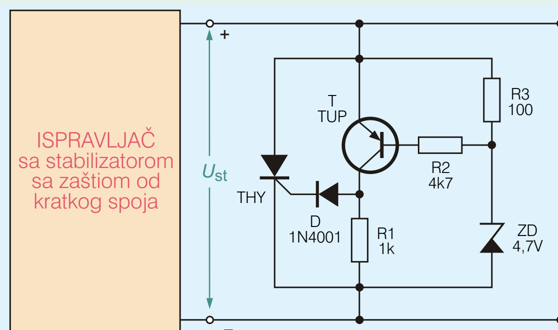


## 3.7. Zaštita potrošača od ispravljača

Kao što smo videli u 2. glavi, jednosmerni napon na ulazu u stabilizator je uvek veći, a u nekim slučajevima i mnogo veći, od izlaznog napona ispravljača. Ako tokom rada stabilizator "probije", tako da se ostvari kratak spoj između njegovog ulaza i izlaza, što može da se desi, tada izlazni napon postaje mnogo veći, a to može da bude katastrofalno po potrošač. Tako, na primer, kod stabilizatora sa slika 2.3 i 2.4 ako je izlazni napon 6 V, ulazni je oko 12 V. Zamislimo da smo na ispravljač sa jednim od ova dva stabilizatora priključili radio-prijemnik koji se napaja iz izvora napona od 6 V. Ako dođe do proboja tranzistora, odnosno do kratkog spoja između kolektora i emitera tranzistora $T_1$ ili $T_2$, izlazni napon će se povećati na 12 V i radio će da ode u "večna lovišta". (Tako bi rekli Indijanci.)

Rešenje ovog i sličnih problema je na slici 3.7-a. Ovo kolo se priključuje na izlaz ispravljača sa stabilizatorom koji ima kolo za ograničavanje struje. Ono se sastoji od tiristora THX koji treba da je dimenzionisan za struju koja je bar dva puta veća od struje kratkog spoja stabilizatora i za napon veći od jednosmernog napona na ulazu u stabilizator, bilo kog PNP tranzistora T, zener diode ZD i otpornika $R_1$, $R_2$ i $R_3$. Kolo se aktivira kada izlazni napon postane za više od 0,7 V veći od zenerovog napona diode.

Ovo kolo je predviđeno za zaštitu potrošača sa TTL kolima pa je zenerov napon 4,7 V, i kolo se aktivira ako izlazni napon postane veći od 5,4 V. Dakle, ako napon na izlazu ispravljača, iz bilo kog razloga, postane veći od 5,4 V, što je opasno za TTL kola, struja kroz ZD naglo poraste, napon na donjem kraju otpornika $R_3$ se smanjuje i tranzistor, koji je do tada bio zakočen, počne da provodi struju. Ova struja stvara pad napona na otporniku $R_1$ i čim taj napon postane 0,7 V, tiristor počne da provodi i kratko spoji izlazne

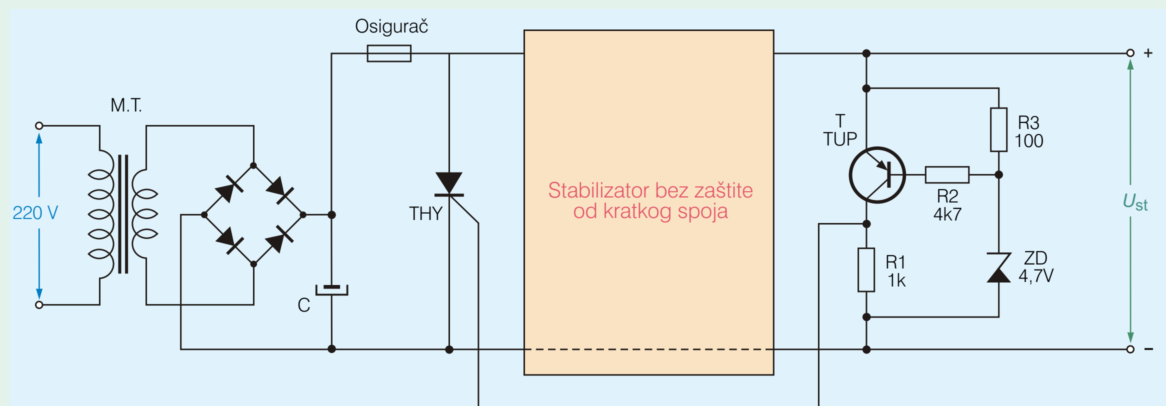



*Slika 3.7-a. Kolo za zaštitu potrošača od ispravljača*

priključke. Kada tiristor provodi, napon između njegove anode i katode je 0,7 V pa je toliki i izlazni napon. Tiristor će nastaviti sa provođenjem i ako se izlazni napon smanji. Njegovo kočenje može da se postigne ili isključivanjem ispravljača ili kratkotrajnim prekidanjem, pomoću taster prekidača ubačenog između anode tiristora i + pola ispravljača.

Ako stabilizator nema kolo za zaštitu od kratkog spoja izlaznih priključaka, zaštitno kolo o kome je reč se priključuje kao na slici 3.7-b. Kao što se vidi, tiristor se priključuje na ulaz stabilizatora, iza osigurača koji pregoreva (ili iskače, ako je to automatski osigurač) pri struji većoj od maksimalne struje koju ispravljač daje potrošaču. Kada izlazni napon ispravljača, recimo zbog kvara u stabilizatoru, postane veći nego što treba da bude, i postane za više od 0,7 V veći od probojnog napona zener diode, tiristor provede i osigurač pregori, a potrošač koji je priključen na ispravljač ostaje živ i zdrav.

Zenerov napon diode treba da je za 0,7 V manji od napona pri kome zaštitno kolo treba da proradi. Na primer, ako se želi da kolo proradi pri izlaznom naponu većem od 9 V, treba koristiti zener diodu ZPD8.2 V.




*Slika 3.7-b. Zaštita potrošača od ispravljača*

## 3.8. Zaštitne diode, kondenzator i otpornik na izlazu ispravljača

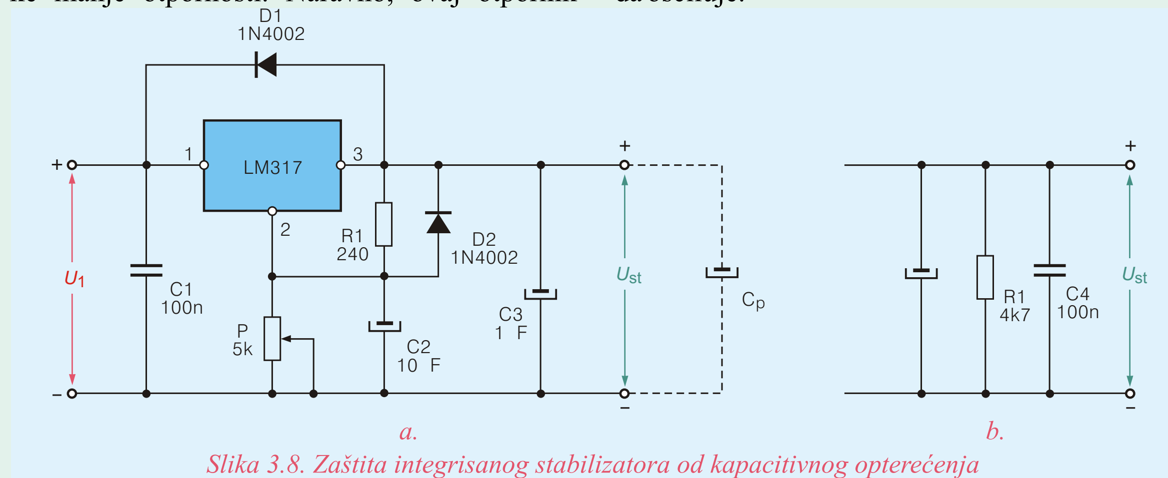
Većina elektrolitskih kondenzatora ima dovoljno malu unutrašnju otpornost tako da kada im se kratko spoje krajevi strujni impuls može da ima amplitudu od čak 20 ampera. Taj impuls, mada vrlo kratkotrajan, može da bude smrtonosan za integrisano kolo. Kada se ispravljač priključuje na potrošač koji na svom ulazu ima i elektrolitski kondenzator ($C_p$ na slici 3.8-a), ovaj kondenzator se napuni pri uključenju ispravljača. Kada se ispravljač isključi, napon na njegovom ulazu $U_1$ se smanji na nulu i kondenzator $C_p$ se, ako nema diode $D_1$, isprazni kroz integrisano kolo i uništi ga. (To se je desilo i autoru ovih redova). Ali, kad postoji dioda $D_1$ pražnjenje se obavlja kroz nju i

kolo ostaje čitavo.

Ako u stabilizatoru postoji i kondenzator *C2*, kojim se povećava potiskivanje bruma, dodaje se i dioda $D_2$, iz istih razloga kao i $D_1$.

Ako je potrebno da se, pri isključivanju ispravljača, izlazni napon $U_{st}$ brzo smanji na nulu, kolu treba, prema slici 3.8-b, dodati i otpornik *R*. To važi za sve opisane stabilizatore. Za brže opadanje izlaznog napona treba koristiti otpornike manje otpornosti. Naravno, ovaj otpornik optereć uje ispravljač ali to može da se toleriše.

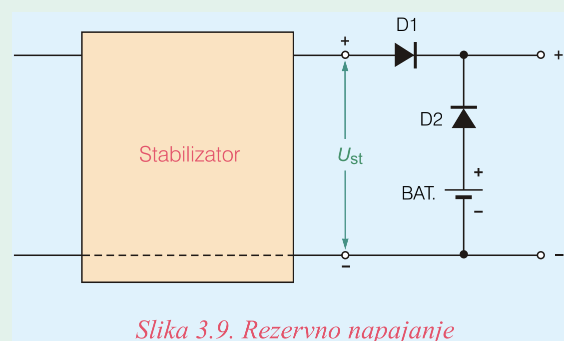
Korisno je ako se na izlaz stabilizatora, prema slici 3.8-b, veže i keramički kondenzator kapacitivnosti 100 nF, koji pretstavlja kratak spoj za visokofrekventne smetnje koje iz mreže, preko ispravljača, mogu da prodru na uređaj koji se napaja iz ispravljača. Taj kondenzator može i da zaštiti integrisano kolo od oštećenja koje može da se javi u slučaju da kolo ima tendenciju da počne da osciluje.




*Slika 3.8. Zaštita integrisanog stabilizatora od kapacitivnog opterećenja*

## 3.9. Rezervno napajanje

Autoru ovi redova se desilo da je jednog dana "debelo" zakasnio na posao, što je, inače, izazvalo oduševljenje među učenicima koji su izgubili prva tri časa, jer je tokom noći došlo do nestanka struje pa se njegov električni sat, koji se napaja iz električne mreže, razdesio. Nešto slično mu se kasnije desilo i sa kompjuterom na kome je nešto pisao; došlo je do kratkotrajnog nestanka struje, kompjuter se resetovao i sve što je napisao bilo je izgubljeno. U takvim i sličnim situacijama, kada uređaj koji se napaja iz ispravljača ne sme da ostane bez napajanja kada dođe do nestanka struje (recimo alarmni uređaji), koristi se rezervno napajanje iz akumulatora.




*Slika 3.9. Rezervno napajanje*

Na slici 3.8, stabilisanom ispravljaču su dodate dve ispravljačke diode koje mogu da izdrže struju potrošača i akumulator obeležen sa BAT. Izlazni napon ispravljača $U_{st}$ treba da je malo veći od napona akumulatora. U tom slučaju dioda $D_2$ je polarisana nepropusno i ponaša se kao otpornik vrlo velike otpornosti tako da akumulator ne daje nikakvu struju. Kada nestane mrežnog napona, $U_{st}$ postaje jednak nuli, a akumulator nastavlja da napaja potrošač, jer je sada dioda $D_2$ polarisana propusno.

Dioda $D_1$ sprečava da se akumulator prazni preko stabilizatora kao i da ne dođe do oštećenja stabilizatora.

Struja koju diode $D_1$ i $D_2$ mogu da izdrže treba da je veća od struje koju potrošač vuče iz ispravljača. Ako struja nije veća od 1A, mogu da se koriste diode 1N4001, za struje do 3 A diode 1N5400 itd.

## 3.10. Elektronski osigurač

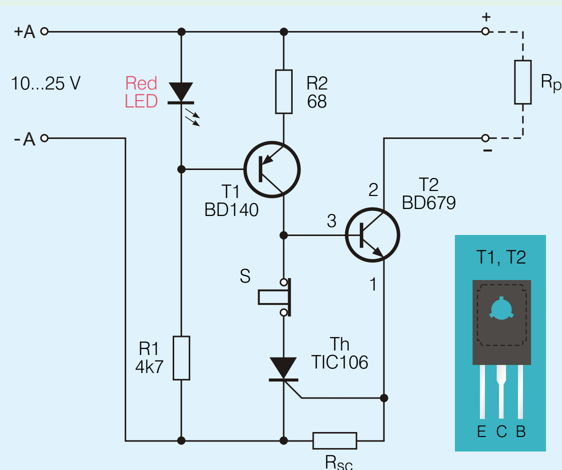
U poglavlju 3.1 bilo je reči o topljivom osiguraču koji, kada struja ispravljača postane veća od neke zadate vrednosti, pregoreva, prekida kolo i time sprečava oštećenje ispravljača ili uređaja koji se iz tog ispravljača napaja. Posle toga, pregoreli osigurač treba zameniti novim, a to ima svoju cenu i što se tiče kupovine i što se tiče vremena. Mnogo bolje rešenje je elektronski osigurač koji se, kada "pregori", "menja" jednostavnim pritiskom na taster prekidač. Električna šema takvog osigurača prikazana je na slici 3.10.

Tačke +A i –A se priključuju na izlaz ispravljača, a potrošač ($R_p$) na tačke + i –. Crvena LED dioda nije indikatorska dioda, to je jedna od komponenata kola koja se montira direktno na štampanu pločicu. Ona sa otpornikom $R_1$ obrazuje stabilizator jednosmernog napona koji se vodi na bazu $T_1$. Drugi tranzistor, $T_2$, je, zapravo, jednostavno integrisano kolo koje se sastoji od dva tranzistora u Darlingtonovom spoju i dva otpornika i jedne diode.. Tiristor Th je blokiran, pa je napon na bazi $T_2$ (tačka 3) znatno veći od napona na emiteru (tačka 1) i $T_2$ je u zasićenju. (To znači da je otpornost između njegovog kolektora i emitera (između tačaka 2 i 1) vrlo mala, oko jednog oma.) Struja potrošača teče od tačke +A,

preko potrošača, tranzistora $T_2$ i otpornika $R_{SC}$, do tačke –A. Ali ako ta struja, iz bilo kog razloga, poraste na vrednost pri kojoj je pad napona na otporniku $R_{SC}$ veći od okidnog napona tiristora, ovaj postaje provodan, otpornost, a time i napon, između tačaka 3 i 1 se smanjuje i tranzistor $T_2$ se zakoči. (To znači da se otpornost između njegovog kolektora i emitera veoma povećala, tako da on više praktično ne provodi struju.) Osigurač je "pregoreo". Kada se uzrok porasta struje otkloni, a on je, verovatno, u potrošaču, pritisne se tasterski prekidač S, tiristor se zakoči, $T_2$ ponovo postaje provodan i osigurač je spreman za rad.

Otpornost i snaga senzorskog otpornika se računaju po obrascima $R_{SC}$=0,7/$I$ i $P$>0,7·$I$, u kojima je $I$ – struja pri kojoj osigurač treba da "pregori".

Optička indikacija "pregorevanja" osigurača može da se ostvari tako što se između tačaka



*Slika 3.10. Elektronski osigurač*

+ i – vežu otpornik i zelena LED dioda. Ona svetli dok je sve u redu, a gasi se kada osigurač "pregori".

# 4. ISPRAVLJAČI, ISPRAVLJAČI, ISPRAVLJAČI . . .

U ovoj glavi su date električne i montažne šeme, kao i uputstva za praktičnu realizaciju, više različitih ispravljača, počev od jednog sasvim jednostavnog pa do ispravljača sa integrisanim kolima. Sve te šeme su različite kombinacije ispravljača bez stabilizatora sa slike 1.1 i stabilizatora i dodatnih kola opisanih u prethodnim glavama. Autor se nada da će čitaoci koji su pažljivo pročitali prve tri glave moći da i sami, kombinujući različita rešenja usmerača, stabilizatora i pomoćnih kola, naprave električnu šemu ispravljača koji treba da zadovolji neke njihove specifične zahteve. Rešenja opisana u ovoj glavi treba da im olakšaju posao, naročito u pogledu rešavanja štampanog kola.

Što se tiče ispravljača opisanih u tekstu koji sledi, mnogi od čitalaca će se naći u dilemi za koji od njih da se odluče kada ih autor, manje ili više, sve hvali i preporučuje. Budite ekonomični: izaberite najjednostavnije i najjeftinije rešenje koje zadovoljava vaše potrebe. Bez obzira za koji se od ispravljača odlučite, a najbolje je da, ako do sada niste napravili nikakav elektronski uređaj, počnete sa nekim jednostavnijim, pročitajte kompletan tekst jer mnoga uputstva važe za sve ispravljače, a ne samo za onaj pri čijem su objašnjavanju data. Naročitu pažnju obratite na ispravljače iz poglavlja 4.2, 4.3, 4.6 čija je izrada opisana detaljno.

Pri realizaciji svih ispravljača, izuzev prvog, potrebno je napraviti i štampanu ploču na koju se montiraju komponente ispravljača. Detaljan opis projektovanja i izrade štampane ploče dat je u "Praktičnoj ELEKTRONICI 2".

Za većinu ispravljača su, pored šeme, dati i crteži štampane ploče u razmeri 1:1. Prvi od njih predstavlja pogled na ploču sa strane bakra, i na njemu se vide stopice, kroz koje se provlače i leme nožice komponenata i linije kojima su stopice spojene. Pored toga, radi lakšeg snalaženja, prikazane su i komponente. One su nactane isprekidanim linijama jer se nalaze sa druge strane ploče. Drugi crtež predstavlja pogled na pločicu sa strane komponenata, a dobija se tako što se prvi crtež okrene s leva u desno. Na ovoj drugoj slici su prikazane komponente.  Radi lakšeg snalaženja, na njoj se vide i linije i stopice ali su prikazane svetlijom bojom, jer se nalaze sa suprotne strane.

Širina linija na crtežima štampanih kola je  1 mm. Ove linije mogu da izdrže struju do oko pola ampera. Ako je struja ispravljača veća od ove vrednosti, tada na linije treba, pomoću lemilice, naneti sloj kalaja debljine nekoliko desetih delova milimetra. Bolje rešenje ovog problema je da linije nacrtate širim nego što su na slikama, za šta, inače, ima dovoljno mesta. (Bakarne trake širine 5 mm izdržavaju struju od nekoliko ampera).

Nije potrebno crtati širim sve linije, već samo one kroz koje teče izlazna struja ispravljača. To su linija koja od + pola grecovog usmerača, preko + pola kondenzatora C1 i tranzistora ili integrisanog kola, ide do stopice sa koje se pozitivan kraj izlaznog napona vodi na potrošač i linija koja od – pola usmerača ide do stopice sa koje se negativan kraj izlaznog napona vodi na potrošač. Na primer, na slici 4.6-b, linije koje treba nacrtati znatno širim su: 1) linija koja spaja + pol Grec-a i stopicu pored koje je broj 1, 2)  linija koja spaja stopicu 3 i stopicu u koju je zalemljen levi kraj otpornika $R_{SC}$, 3) linija koja spaja stopicu u koju je zalemljen desni kraj $R_{SC}$ i stopicu koja je žicom spojena sa pozitivnom buksnom i 4) linija koja spaja – kondenzatora $C1$ i stopicu koja je žicom spojena sa negativnom buksnom.

Proširivanje linija može da se obavi i na način koji je prikazan na slici 4.7-c, čime se ostvaruje ušteda na tečnosti za nagrizanje bakra, kao i bolje hlađenje komponenata, naročito greca.

Pre nego što počnete da crtež štampanog kola precrtavate na kasirani pertinaks, proverite da li rastojanja stopica komponenata odgovaraju komponentama kojima raspolažete, pa, ako je potrebno, izvršite korekcije.

## 4-a. Provera i puštanje u rad ispravljača

Kada ste sve komponente ispravljača zalemili na ploču, proverite da niste nešto pogrešili. Da li su diode i tranzistori ispravno povezani? Da niste, možda, zamenili mesta anode i katode ili kolektora i emitera? Da li je pozitivan kraj elektrolitskog kondezatora zalemljen u stopicu koja je na crtežu obeležena sa +? Da li 220 V, preko prekidača i osigurača, ide na primar transformatora, itd. itd.? Tek kada 100 % budete sigurni da su sve veze u redu, utaknite utikač u mrežu i uključite ispravljač. (Za spajanje sa mrežom koristite kabl sa priključkom koji ste izvadili iz nekog rashodovanog radija, TV prijemnika, kasetofona i slično, kao na slici 4.1-b). LED dioda, ako je ima, treba da se upali.

Priključite na izlaz ispravljača otpornik od nekoliko kilooma pa proverite voltmetrom da li izlazni napon ima potrebnu vrednost i da li se menja pri okretanju trimera ili potenciometra, ako ovi postoje. Pri okretanju klizača potenciometra u desno, izlazni napon treba da raste. Ako se smanjuje, treba zameniti krajeve potenciometra.

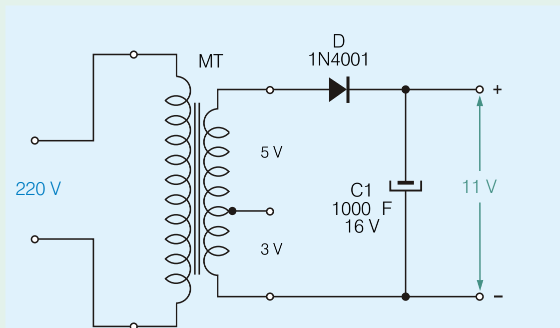
Priključite na izlaz ispravljača potrošač koji vuče struju koja je jednaka maksimalnoj struji tog ispravljača i proverite da li se izlazni napon nije smanjio. Malo smanjenje, do desetak procenata, može da se toleriše, veće je znak da nešto nije u redu. Posle nekog vremena dodirnite vrhom prsta integrisano kolo (ili tranzistor) i uverite se da se nije mnogo zagrejalo, a zatim i ostale komponente, koje treba da su hladne. Na primer, izlazni napon ispravljača na slici 4.2 treba da je oko 8,3 V. Proverite voltmetrom da li je napon toliki pa na ispravljač priključite neki mali radioprijemnik koji se napaja iz baterije od 9 V, podesite se na svoju omiljenu stanicu i uživajte u muzici. Izmerite izlazni napon i uverite se da se nije smanjio. Posle izvesnog vremena pipnite prstom tranzistor i uverite se da se nije mnogo zagrejao. Ako nije, odahnite, i nastavite sa slušanjem. Povećavajte jačinu reprodukcije, time se povećava i struja koju radio vuče iz ispravljača, i zapazite da li izlazni napon ispravljača ostaje konstantan.

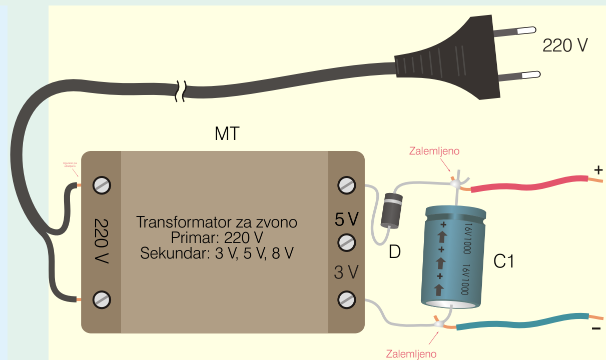
---

1) Taj potrošač može da bude otpornik. Njegova otpornost je $R=U/I$, a snaga $P>U \cdot I$. (U oba obrasca $U$ je izlazni napon ispravljača, a $I$ struja potrošača.

## 4.1. Najjednostavniji ispravljač

Najjednostavniji, ali za neke potrebe sasvim dobar, ispravljač se sastoji od mrežnog transformatora, pomoću koga se mrežni napon od 220 V transformiše na neki niži naizmenični napon, recimo na napon od 8 V, ispravljačke diode pomoću koje se vrši usmeravanje struje i kondenzatora pomoću koga se, kako se to popularno kaže, vrši "peglanje" jednosmernog napona. Električna šema takvog ispravljača data je na slici 4.1-a, a najjednostavniji način njegove praktične realizacije je prikazan na slici 4.1-b. Kao mrežni transformator MT, upotrebljen je transformator za električno zvono. On ima jedan primarni namotaj na koji se priključuje mrežni napon od 220 V i dva sekundarna namotaja na kojima su naponi 3 V i 5 V. Ova dva namotaja su vezana na red tako da je napon između početka prvog i kraja drugog mamotaja jednak 8 V. Ovih 8 V predstavljaju tzv. efektivnu vrednost naizmeničnog napona, njegova maksimalna vrednost je 1,41 puta veća i iznosi približno 11 V. Kondenzator se, preko diode, puni na maksimalnu vrednost, pa je jednosmerni napon na njemu, a to je izlazni napon ispravljača, približno jednak 11 V.




*Slika 4.1. Najjednostavniji ispravljač*

Ako se anoda diode na slici 4.1-b, premesti u srednji priključak tada će jednosmerni napon na kondenzatoru biti oko 4 V, a ako se anoda diode vrati u gornji priključak a u srednji priključak premesti provodnik spojen sa donjim krajem kondenzatora napon će biti oko 7 V.

Ako umesto transformatora za električno zvono koristite mrežni transformator predviđen za upotrebu baš u ispravljačima, pri nabavci treba voditi računa da je njegov primarni napon 220 V i da napon i maksimalna struja sekundara imaju potrebne vrednosti. Za veliku većinu uređaja opisanih u raznim brojevima "Praktične ELEKTRONIKE" sekundarni napon može da bude u granicama od 8 V do oko 12 V, a maksimalna struja sekundara nekoliko desetih delova ampera, što omogućuje korišćenje transformatora malih dimenzija. Naravno, transformatori sa većom sekundarnom strujom su bolji (ali i skuplji i većih dimenzija), jer iz ispravljača u koji su ugrađeni mogu da se napajaju i uređaji većih snaga.

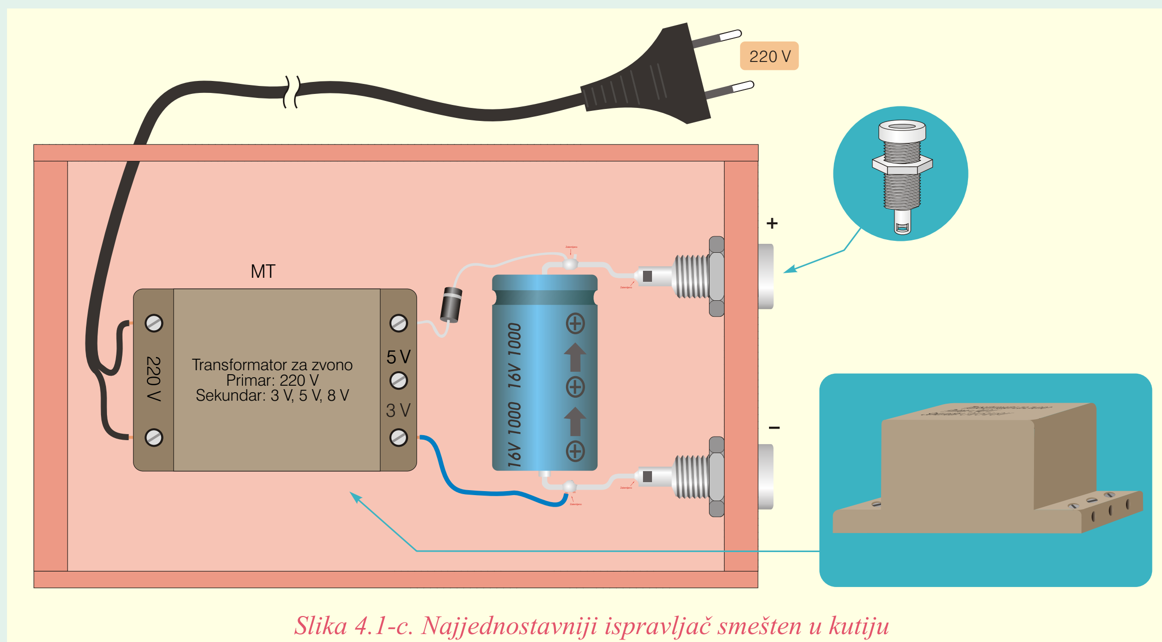
Ispravljačka dioda treba da je sposobna da izdrži struju sekundarnog namotaja i da joj je inverzni napon veći od dvostruke vrednosti ma-

ksimalnog sekundarnog napona. Kapacitivnost filterskog kondenzatora C je 1000 F, ali je bolje ako se koristi kondenzator veće kapacitivnosti. Radni napon ovog kondenzatora treba da je veći od izlaznog napona, u našem slučaju od 11 V.

Za dovođenje mrežnog napona na primar transformatora najbolje je koristiti kabl sa utikačem koji je skinut sa nekog rashodovanog radija, TV prijemnika, kasetofona i slično. Ako takonešto ne posedujete, već kabl sami pravite, obavezno koristite fabrički izrađen utikač.

Bolji rezultati, a to znači stabilniji izlazni napon, se dobija ako se umesto diode D koristi Grecov usmerač, kao na slici 1.1-c.

Ako ovaj ispravljač nameravate da koristite kao poseban uređaj za napajanje različitih elektronskih kola, bolje je, i sigurnije, ako se sve komponente smeste u neku kutiju na čijoj su prednjoj ploči montirane dve buksne za koje su zalemljene dve žice spojene sa pozitivnim i negativnim krajem kondenzatora, sa kojih ćete da "uzimate" jednosmerni napon. Takvo jedno rešenje je prikazano na slici 4.1-c. Kutija je napravljena od nekog izolacionog materijala.




*Slika 4.1-c. Najjednostavniji ispravljač smešten u kutiju*

## *4.2. Jednostavan ispravljač sa stabilisanim izlaznim naponom*

Ispravljač sa slike 4.1 radi u skladu sa narodnom izrekom "Koliko para - toliko muzike". On jeste i jeftin i jednostavan ali izlazni napon nije stabilan, menja se i pri promeni napona mreže i pri promeni struje koju elektronski uređaj "vuče" iz ispravljača.

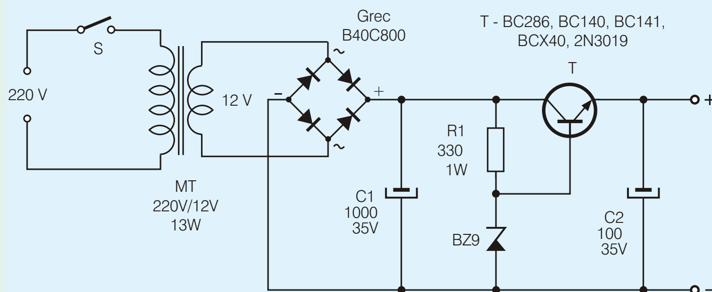
Na slici 4.2-a je data električna šema složenijeg ispravljača, njegov izlazni napon je stabilisan i ne zavisi ni od promena napona mreže ni od promena struje potrošača. Maksimalna izlazna struja je oko 100 mA, što je dovoljno za napajanje prenosnih radio-prijemnika, vokmena i sličnih uređaja. Komponente ovog ispravljača su:

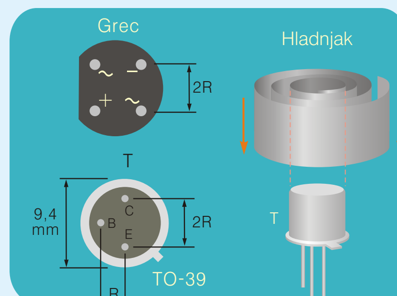
1. Mrežni transformator MT sa sekundarnim naponom bilo koje vrednosti u granicama od 9 V do 14 V i maksimalnom strujom sekundara od 0,1 A ili većom.

2. Grecov usmerač sa radnim naponom od 40 V, ili većim i maksimalnom strujom od nekoliko stotina miliampera ili većom. Upotrebljeni usmerač ima oznaku B40C800 iz koje se vidi da mu je maksimalni radni napon 40 V a maksimalna struja 800 mA. Naravno, umesto ovog Greca, mogu da se koriste i četiri posebne diode 1N4001.

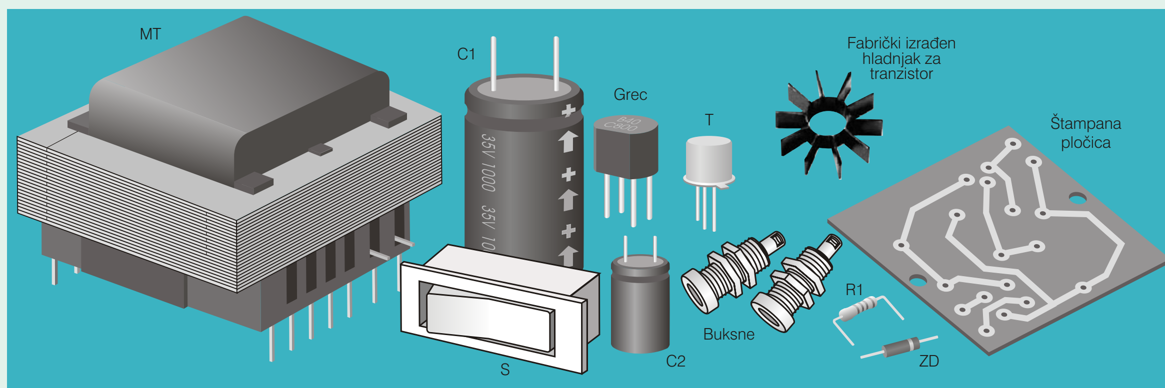
3. Elektrolitski kondenzator C1 kapacitivnosti jednake ili veće od 1000 mikrofarada i radnim naponom jednakim ili većim od dvostruke vrednosti napona sekundara.

4. Bilo koji tranzistor NPN tipa, koji može da izdrži struju od 100 mA kao što su BC286, BC140, BC141, BCX40, 2N3019 itd. Za manje struje hladnjak nije potreban. Za veće struje, na tranzistor treba nataknuti i hladnjak u obliku rebrastog prstena. U amaterskim uslovima, ovaj hladnjak se pravi od komada tankog savitljivog lima dimenzija 12cm·1cm koji se namota oko ravnog dela burgije prečnika 8 mm. Kada se skine sa burgije ovaj komad, gledan odozgo, je u obliku spirale. On se, kao što je prikazano u desnom delu




*a.*




*b.*

*Slika 4.2-1. Jednostavan stabilisani ispravljač: a - električna šema, b - komponente*

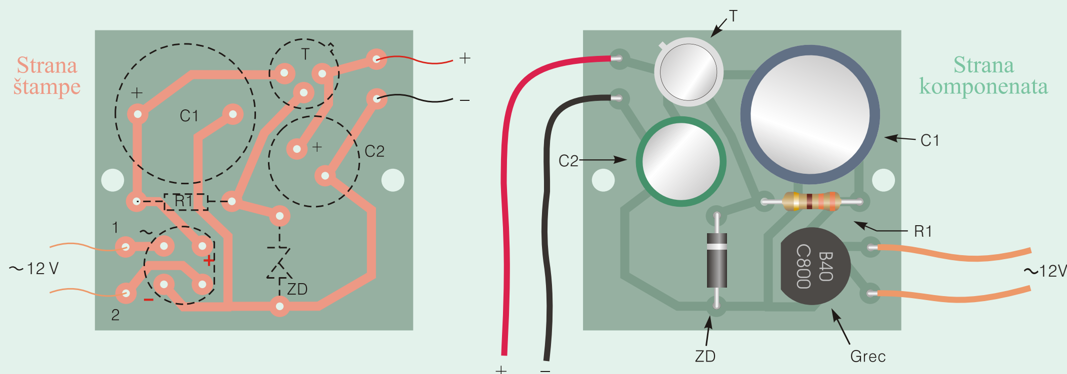
slike 4.2-a, natakne na tranzistor. Poboljšanje prenosa toplote sa kućišta tranzistora na hladnjak se ostvaruje tako što se, pre stavljanja hladnjaka, kućište premaže tankim slojem specijalne silikonske paste koja dobro provodi toplotu.

5. Zener dioda za napon oko 9 V. Ova dioda je na slici obeležena sa BZ9 ali oznaka (što zavisi od proizvođača) može da bude i drugačija: ZPD9.1, ZPY9.1, ZD9.1, BZK83C9V1 itd. Katoda je označena prstenom na telu diode. Sa ovom diodom, izlazni napon će biti oko 8,5 V, što je dovoljno za uređaje koji se napajaju iz baterije od 9 V. (Potpuno nova baterija ima napon od 9 V. Ubrzo po uključenju ovaj napon se smanjuje i ostaje takav tokom najvećeg dela vremena eksploatacije baterije).

Na drugoj slici se takođe vide bakarne linije, što je slučaj samo ako je štampana pločica napravljena od kaširanog vitroplasta koji je poluprovidan, a ne od pertinaksa.

Kao što se vidi na slici 4.2-2, uz malo truda, može da se nacrta pločica znatno manjih dimenzija, što treba uraditi ako se ispravljač smešta u neki uređaj u kome ima malo slobodnog prostora.

Štampanu pločicu, mrežni transformator itd. treba smestiti u neku kutiju, recimo u onu sa slike 4.2-3, čija je izrada opisana u "P.E. 2". Na donjoj i zadnjoj strni je izbušeno više rupa što omogućava cirkulaciju vazduha i hlađenje komponenata. Na prednjoj strani su izbušene tri rupe: dve okrugle za buksne i jedna četvrtasta za prekidač S.



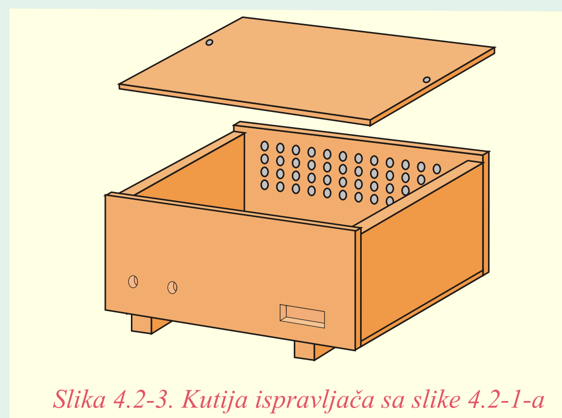

*Slika 4.2-2. Štampana pločica ispravljača sa slike4.2-1-a: levo - pogled sa strane štampanih veza, desno - pogled sa strane komponenata*

Ako vam je potreban manji izlazni napon, recimo 3 V, 4,5 V, 6 V, 7,5 V, zamenite diodu BZ9 drugom diodom čiji je Zenerov napon za oko 0,7 V veći od potrebne vrednosti izlaznog napona. Na primer, za izlazni napon od 4,5 V treba koristiti diodu ZPD5.1, ili neku drugu u čijoj se oznaci pojavljuje i brojka 5.1. Jedina komponenta koju pri zameni diode možda treba promeniti je otpornik R1, o čemu je bilo reči u poglavlju 2.5.

6. Elektrolitski kondenzator C2 čiji radni napon treba da je veći od izlaznog napona ispravljača. Dobra mera opreza je ako radni napon ovog kondenzatora bude jednak radnom naponu kondenzatora C1, jer na njemu može da se pojavi napon sa izlaza usmerača ako tranzistor "probije".

7. Otpornik R1 snage 0,25 W.

Izgled štampane pločice je na slici 4.2-2. Levo je pogled na pločicu sa strane bakra, a desno sa strane komponenata. Na prvoj slici su, radi lakšeg rada, nacrtane i komponente, isprekidanim linijama, jer se nalaze sa suprotne strane pločice.



*Slika 4.2-3. Kutija ispravljača sa slike 4.2-1-a*

Na slici 4.2-4 je prikazana kutija sa svim komponentama ispravljača. Pločica je, pomoću dva zavrtnja i dva odstojnika, fiksirana za dno kutije. Transformator je zalepljen za dno, mada je bolje ako se iskoristi neka obujmica i dva zavrtnja.

Žice kojima su povezane pločica, buksne transformator i prekidač su licnaste (sastavljene od više tankih žica), u PVC izolaciji.

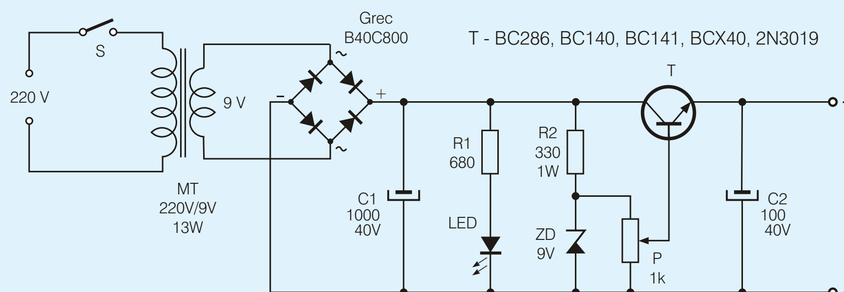
Slika 4.2-4. Ispravljač sa slike4.2-1-a u kutiji: gore - pogled odozgo, dole - pogled spreda

Zumirajte gornju sliku.

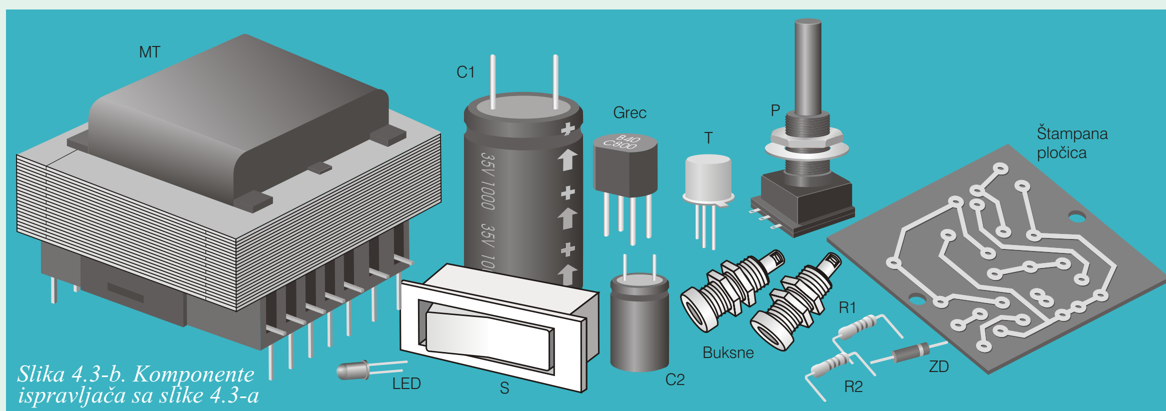


## 4.3. Stabilisani isparavljač sa promenljivim izlaznim naponom

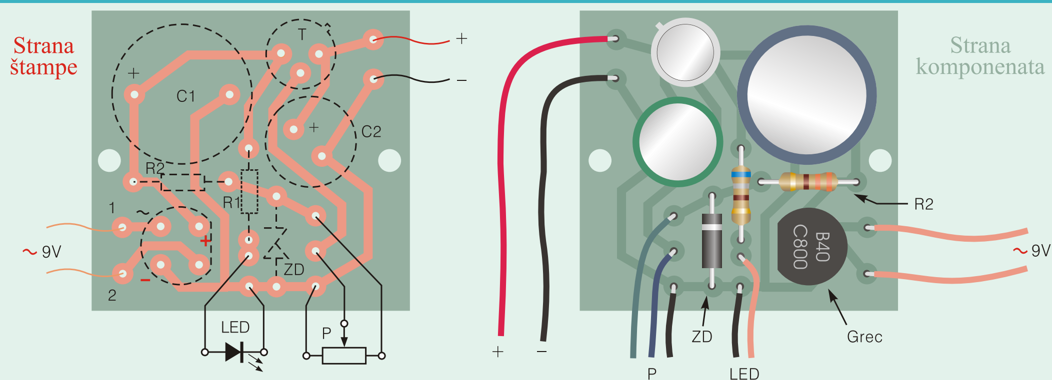
Ovaj ispravljač je poboljšana varijanta ispravljača sa slike 4.2: dodata je optička indikacija uključenosti, a izlazni napon može da se menja i podešava na potrebnu veličinu. Nema teksta, date su samo slike, jer su bitne stvari već objašnjene u prethodnom projektu. Inače, vrlo detljno objašnjenje u vezi sa praktičnom realizacijom ovog ispravljača dato je u "P.E. 2".



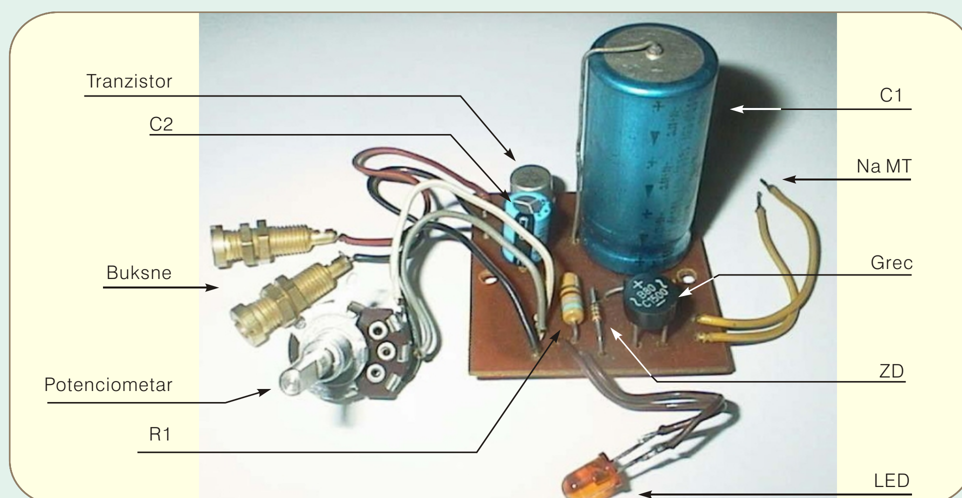

Slika 4.3-a. Električna šema ispravljača sa promenljivim izlaznim naponom

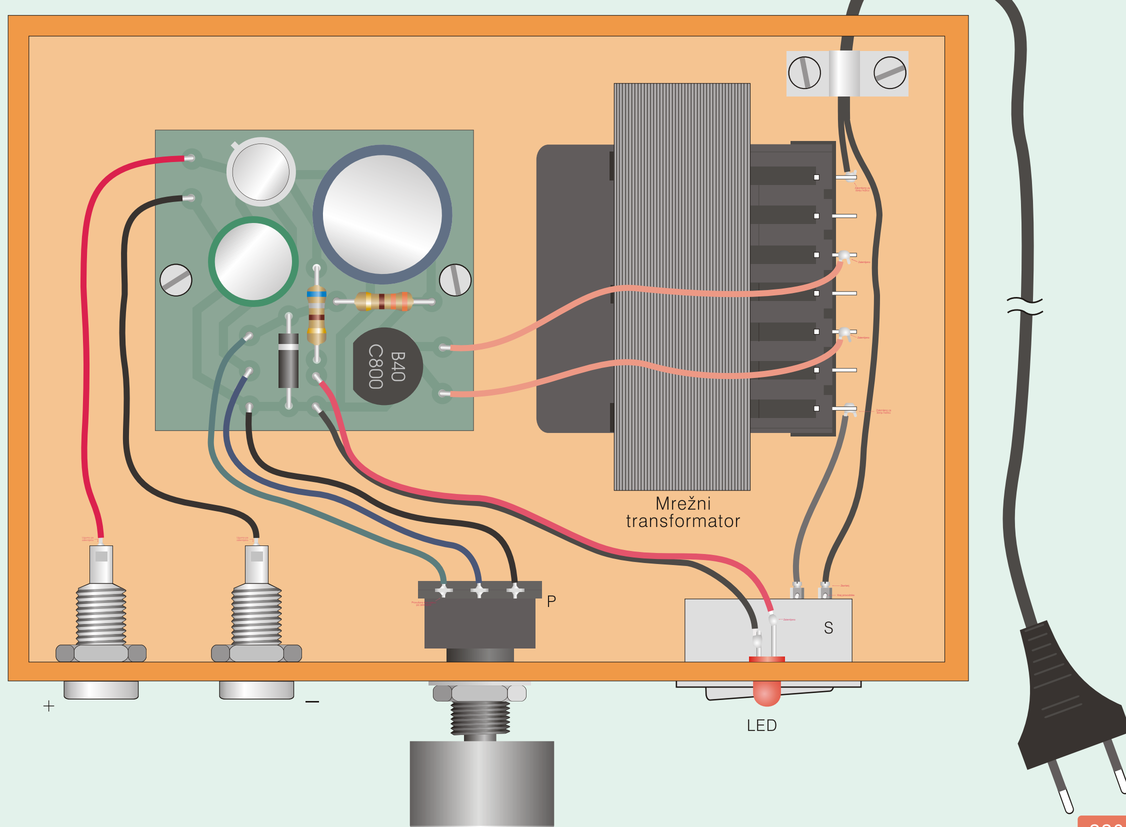


*Slika 4.3-b. Komponente ispravljača sa slike 4.3-a*



*Slika 4.3-c. Štampana pločica ispravljača sa slike 4.3-a*



*Slika 4.3-d. Ispravljač sa slike 4.3-a: gore - fotografija, dole - u kutiji*

## 4.4. Stabilisani isparavljač sa zaštitom od kratkog spoja

U normalnim uslovima eksploatacije i uz sasvim malo pažnje, ispravljači iz prethodnih projekata će uspešno da vam služe godinama. Problem nastaje ako se na njihov izlaz, na duže vreme, priključi potrošač male otpornosti koji vuče struju veću od struje koju može da izdrži bilo transformator, bilo ispravljačke diode bilo tranzistor. "Najslabiji" od njih će da pregori. Najgore je ako se izlazni priključci, makar i na kratko vreme, kratko spoje, tada jedna od navedenih komponenata sigurno pregoreva, najverovatnije tranzistori. Zbog toga je vrlo korisno da ispravljač ima kolo za automatsku zaštitu koje će da spreči porast struje iznad neke, unapred zadate, vrednosti i spreči bilo kakvo oštećenje. To kolo za zaštitu se naziva ograničavač struje i o njemu je bilo reči u poglavlju 3.4.

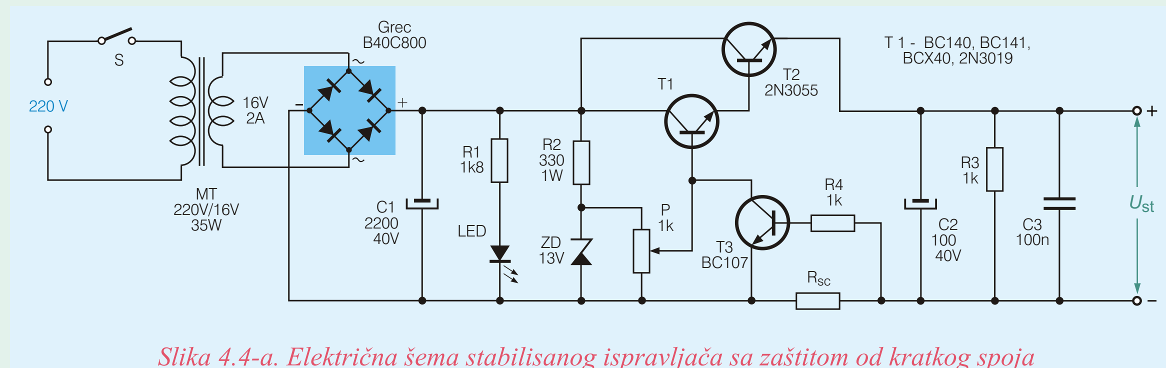
Električna šema stabilisanog ispravljača sa ograničavačem struje data je na slici 4.4a. Kao što se vidi, to je ispravljač sa slike 1.1c kome su dodati stabilizator sa slike 2.5b, kolo za ograničenje struje sa slike 3.4 i optički indikator uključenosti ispravljača sa LED diodom.

Štampana ploča (sl. 4.4-b) je pravljena prilično "komotno", rastojanja između stopa i između susednih komponenata su veća nego što bi mogla da budu jer je nemoguće pretpostaviti koje su dimenzije komponenata, naročito kondenzatora, kojima raspolažu čitaoci.

Stopice 1 i 2 su izolovanim žicama spojene sa sekundarom mrežnog transformatora, a stopice C, B i E sa kolektorom, bazom i emiterom tranzistora T2, koji je, prema uputstvima datim u "*Praktičnoj* ELEKTRONICI 2", montiran na hladnjak.

Prekidač, osigurač, potenciometar, LED dioda i dve buksne, za + i –, su montirani na prednjoj ploči kutije u koju je smešten ispravljač i komadima žica spojeni međusobno, sa transformatorom i sa odgovarajućim stopama na štampanoj ploči. Prekidač, osigurač i transformator nisu prikazani na slici 4.4. Jedan od načina njihove montaže i povezivanja prikazan je kasnije, u projektu 4.6.

Kondenzatori C2 i C3 treba da imaju radni napon od 40 V ili veći, a snaga svih otpornika, osim $R_{SC}$, treba da je četvrtina vata ili veća.



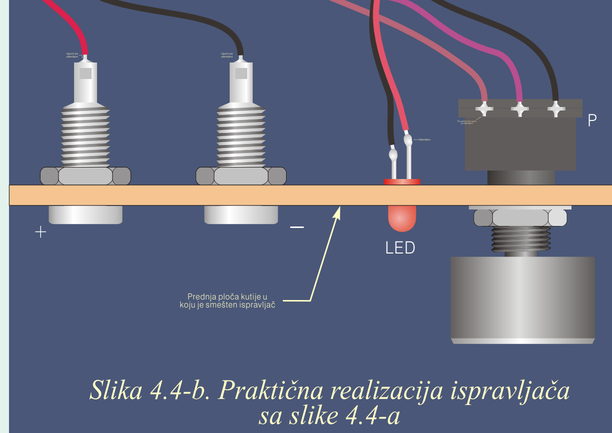

*Slika 4.4-a. Električna šema stabilisanog ispravljača sa zaštitom od kratkog spoja*

Otpornost otpornika $R_{SC}$ i njegova snaga se računaju po obrascima datim u poglavlju 3.4. Na primer, ako rešite da maksimalna struja ispravljača bude $I$=2 A, tada je $R_{SC}$=0,7/2=0,35 , a njegova snaga treba da je veća od 1,4 W. Ako ne posedujete takav otpornik, iskoristite dva otpornika otpornosti 0,68 snage 1 W koje ćete da vežete u paralelu. Tome su namenjene i dve stopice ispod oznake $R_{SC}$ na slici 4.4-b.

Da biste lepo videli ovu sliku zumirajte na neku manju

Na slici 4.4-b je prikazana praktična realizacija ispravljača. U levom delu slike je štampano kolo koje se realizuje na pločici od kaširanog vitroplasta (ili pertinaksa) čije su dimenzije 63mmX44mm. Desno je crtež štampane ploče sa komponentama. Na njemu se, pošto je vitroplast poluprovidan, vide i bakarne linije i stopice koje se nalaze sa suprotne strane. Senzorski otpornik $R_{SC}$ je reaizovan od dva otpornika vezanih u paralelu. Pre nego što započnete precrtavanje i izradu štampane pločice, proverite da li rastojanja stopica u koje se leme elektrolitski kondenzatori odgovaraju kondenzatorima koje vi posedujete pa, ako je potrebno, izvršite potrebne korekcije.

U gornjem delu slike je prikazan tranzistor 2N3055 namontiran na hladnjak koji je izrađen od aluminijumskog lima debljine 3 mm.



*Slika 4.4-b. Praktična realizacija ispravljača sa slike 4.4-a*

* Zapazite kako je obrađen i kako je stavljen ispod podmetača završetak žice kojom se kolektor tranzistora povezuje sa štampanom pločicom.

## *4.5-a. Stabilisani isparavljač sa kolom 723*

Ispravljač sa slike 4.4 je dobro rešenje koje će opravdati trud koji ste uložili u njegovu realizaciju. Ali, postoji i bolje. To je ispravljač kod koga su stabilizator i ograničavač izlazne struje realizovani pomoću popularnog integrisanog kola 723. Ovo kolo proizvode mnogi proizvođači pa se ono prodaje sa oznakama  A723, LM723 i sl. Slova, kao i neki dodatni brojevi, nisu od velikog značaja, bitno je da u oznaci postoji i broj 723.

Električna šema ispravljača je prikazana na slici 4.5-a. Ako rešite da pristupite izradi ovog ispravljača ipak pročitajte tekst u vezi sa ranije opisanim ispravljačima, kao i poglavlja 2.6 i 2.7.

Komponente ispravljača su:

1. Mrežni transformator MT sa sekundarnim naponom od 24 V. Moguće je koristiti i transformator sa manjim sekundarnim naponom ali će tada i maksimalni izlazni napon biti manji. Struja sekundara treba da je oko jednog ampera ali može da bude i neka druga vrednost koja vam odgovara.

2. Grecov usmerač za napon od 40 V, ili veći, i struju od jednog ampera, ili veću ili manju, što zavisi od vaših potreba. (Za manje struje, umesto Greca, može da se koristi samo jedna dioda, recimo 1N4001. Njenu anodu treba vezati na gornji kraj sekundara a katodu na pozitivan pol kondenzatora C1. Donji kraj sekundara treba spojiti sa negativnim krajem C1) Grecovi usmerači se ugrađuju u različita kućišta. Na slici 4.5 je prikazan raspored nožica jednog Greca u četvrtastom kućištu, koji je iskorišćen u prototipu ovog ispravljača.

3. Elektrolitski kondenzator C1 kapacitivnosti 2200 mikrofarada, radnog napona 40 V.

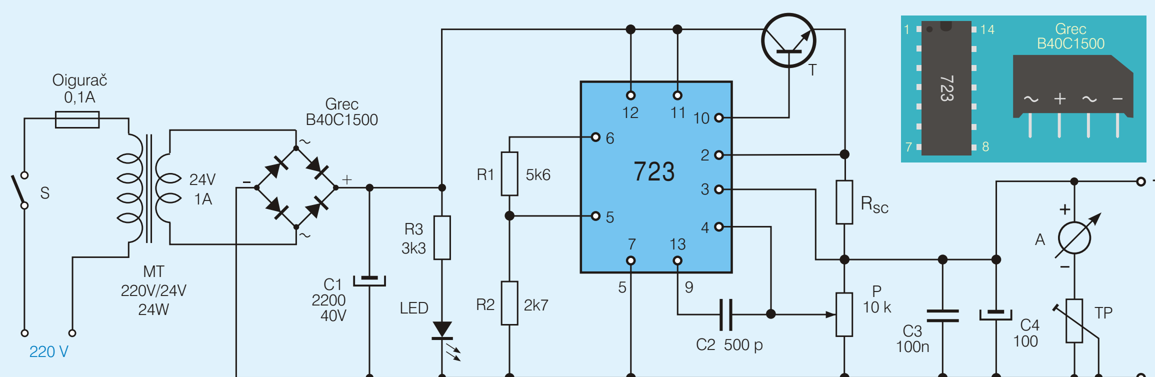
4. Integrisano kolo 723 ima četrnaest nožica (to je pakovanje DIL14), čiji je raspored prikazan na slici. Imajte u vidu da je to "pogled odozgo", sa strane na kojoj je oznaka, a ne odozdo kao kod tranzistora.

5. Redni tranzistor 2N3055 (ili neki sličan) montiran na hladnjak, o čemu je bilo reči u prethodnom projektu. Ovaj tranzistor je neophodan ako je struja potrošača veća od oko 100 mA. Za manje struje potrošača, tranzistor nije potreban. U tom slučaju tranzistor treba izostaviti, a nožicu 10 treba spojiti sa nožicom 2.

6. Linearni potenciometar od 10k , bilo koje snage; otpornici od 5,6 k  i 2,7 k , snage 1/4 W, blok-kondenzatori kapacitivnosti 500 pF i 100nF i elektrolitski kondenzator od 100  F, radnog napona 40 V ili većeg.

7. Otpornik za ograničenje struje $R_{SC}$, čija se otpornost i snaga računaju na ranije opisani način. U našem slučaju je $I_{pmax}$=1 A pa je otpornost: $R_{SC}$=0,7  , a snaga treba da je 1 W ili veća.

Prekidač S, kućište osigurača, LED dioda, potenciometar i dve buksne se montiraju na prednjoj ploči kutije u koju je smešten ispravljač na način opisan u projektu 4.6.



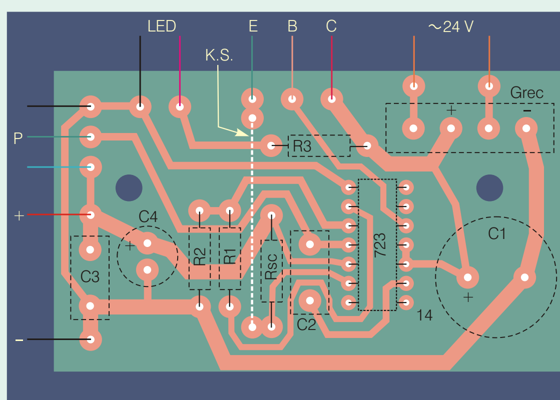
*Slika 4.5-a. Električna šema stabilisanog ispravljača sa kolom 723*

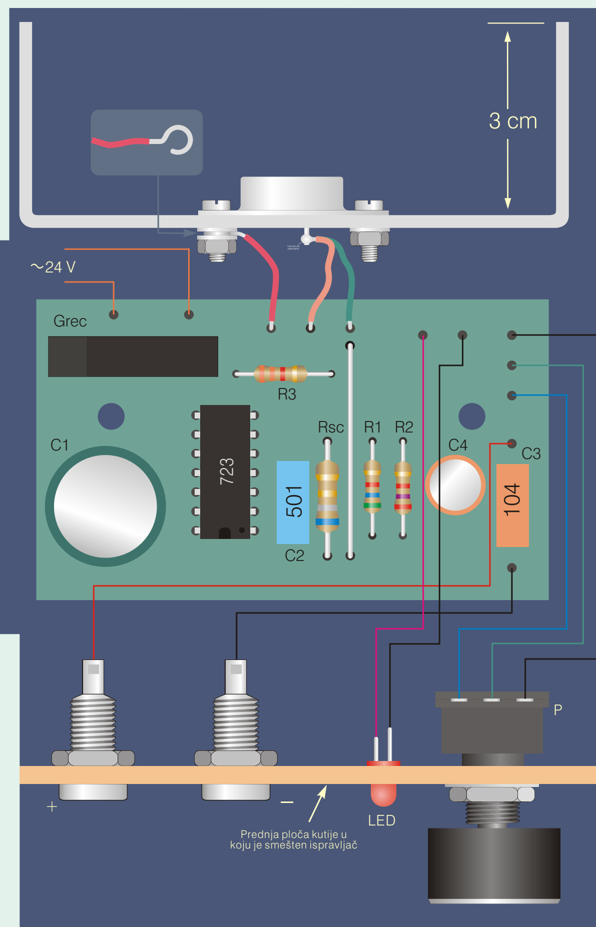
Izgled štampane ploče je na slici 4.5-b, levo je pogled na stranu bakra, a desno na stranu komponenata. Da bi ploča bila jednostavnija, upotrebljen je i jedan skakač koji je na levoj slici prikazan isprekidanom linijom i obeležen sa K.S. To je komad žice kojim su, sa strane komponenata, spojeni jedan kraj otpornika $R_{SC}$ i bakarna linija sa kojom se spaja emiter 2N3055. Ovaj tranzistor je, na isti način kao i u prethodnom projektu, montiran na hladnjak, a njegova baza (B), emiter (E) i kolektor (C) su, pomoću tri žice, spojeni sa štampanom pločom. Pre nego što pristupite izradi štampane ploče, prvo proverite da li rastojanja između stopica odgovaraju dimenzijama vaših komponenata, naročito elektrolitskih kondenzatora, pa, ako je potrebno, izvršite potrebna pomeranja, za koja je ostavljeno dovoljno mesta.

Ako je dovoljna izlazna struja veličine do 150 mA, tranzistor T nije potreban. (U tom slučaju moguće je koristiti i drugi mrežni transformator, sa manjom strujom). Tada na slici 4.5-b treba komadom žice spojiti stopice koje su predviđene za spajanje sa bazom (B) i emiterom (E).

Ako na izlaz ispravljača priključujete instrument za pokazivanje veličine izlaznog napona, pročitajte poglavlje 3.3. U svakom slučaju, pre uključenja, klizače P i TP stavite u krajnji donji položaj. Zatim uključite ispravljač i klizač P pomerajte na gore, pazeći da se igla instrumenta ne "zakuca" u desnu stranu. Trimer TP se montira direktno između buksne – i instrumenta A. Jedna njegova nožica se lemi za buksnu a druga komadom žice spaja sa – polom instrumenta.

Na pločici na donjem delu slike 4.5-b su i komponente koje se montiraju na prednju stranu kutije u koju je smešten ispravljač: buksne, LED dioda i potenciometar. Veze izmedju ovih komponenata i pločice su, da bi slika bila pregledna, prikazane običnim linijama, a ne kao stvarne žice, kao na slici 4.4-b. Mrežni transformator nije prikazan, jer ima relativno velike dimenzije, pa bi slika, u razmeri 1:1, bila nepregledna.




*Slika 4.5-b Praktična realizacija ispravljačaa slike 4.5-a*

## *4.5-b. Školski stabilisani isparavljač sa kolom 723*

Kao primer kompletne praktične realizacije stabilisanog ispravljača sa kolom 723 i spoljnim tranzistorom, na slici 4.5-c je fotografija ispravljača koji se, već više od 15 godina, uspešno, bez i jednog kvara, koristi u laboratoriji za radiotehniku u elektrotehničkoj srednjoj školi "Nikola Tesla" u Beogradu. On je realizovan po šemi sa slike 4.5-a, bez ampermetra A i trimer potenciometra TP. Umesto potenciometra P koristi se trimer potenciometar od 10 k koji je na štampanoj ploči. Odvrtka kojim se on podešava se provlači kroz rupu na prednjoj ploči. Kao tranzistor T, upotrebljen je BC219, koji se više ne proizvodi. Umesto njega može da se koristi bilo koji NPN tranzistor srednje snage u metalnom kućištu, za struje do 1 A, kao što su BC140, BC141 i sl.

Kao strujni senzor $R_{SC}$ iskorišćena su dva paralelno vezana otpornika od 6,8 /10%. Sa ovom veličinom tolerancije, otpornost $R_{SC}$ može da ima bilo koju otpornost u granicama od 3,06 do 3,74 . Izmerena vrednost je 3,5 . Sa tom vrednošću maksimalna struja ispravljača, po teoriji, je ograničena na $I_{pmax}$=200 mA. Izmerena vrednost je $I_{pmax}$=170 mA.

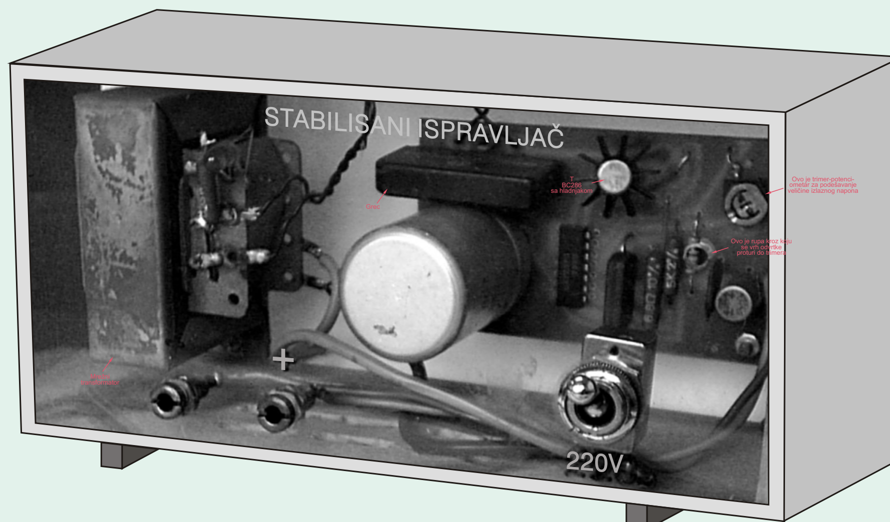
Struja kratkog spoja ispravljača je struja koja teče kada se izlazni karajevi kratko spoje. U ovom slučaju kratak spoj se ostvaruje tako što se na izlaz ispravljača direktno priključi ampermetar, koji, u ovom slučaju, ima merni opseg veći od 200 mA. Izmerena struja kratkog spoja je bila $I_{KS}$=190 mA.

Rezultati merenja na ispravljaču dati su u sledećoj tabeli:

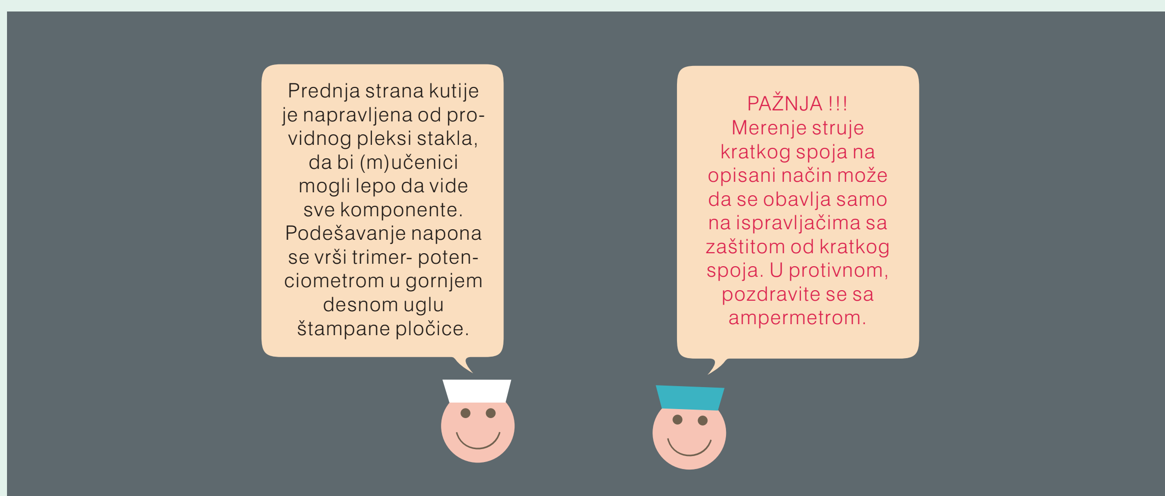
Kao što se vidi, do značajnog pada izlaz-

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $R_p$ | 250 | 100 | 88 | 78 | 68 | 63 | 60 | 50 | 0 | |
| $I_p$ | 48 | 120 | 136 | 154 | 176 | 187 | 187 | 187 | 190 | mA |
| $U_p$ | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11,8 | 11,2 | 9,3 | 0 | V |

nog napona dolazi tek kada se struja potrošača sasvim približi struji na koju je ispravljač ograničen pomoću otpornika $R_{SC}$. Ako vam to ne odgovara, promenite otpornost $R_{SC}$.



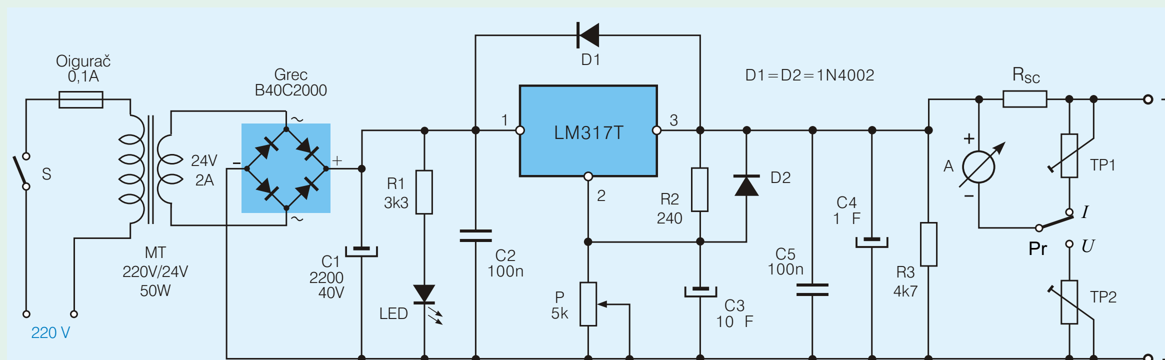

*Slika 4.5-c. Fotografija ispravljača sa slike 4.5-a*




## *4.6. Stabilisani ispravljač sa kolom LM317T*

Posle čuvenog kola 723 pojavili su se i drugi stabilizatori napona među kojima je jedno od najpoznatijih kolo 317, pomoću koga, uz malo spoljnih komponenata, može da se napravi odličan ispravljač. O karakteristikama ovog kola bilo je reči u poglavlju 2.10 . Električna šema jednog ispravljača laboratorijskog tipa sa kolom LM317T prikazana je na slici 4.6-a. To je ispravljač koji se ugrađuje u posebnu kutiju, a predviđen je za napajanje različitih elektronskih uređaja koje proveravamo, ispitujemo, podešavamo itd.

Šema, a time i praktična realizacija, mogu da se pojednostave, čime se smanjuje cena uređaja. Na primer, ako pravite ispravljač koji nameravate da ugradite u neki drugi uređaj (audio pojačavač, radio-prijemnik, alarmni uređaj itd.), možete da izostavite LED, R1, Rsc, R3, C3, D2, A, TP1 i TP2. U tom slučaju nije potreban ni potenciometar P. Njega treba privremeno povezati sa štampanom pločicom i podesiti izlazni napon na potrebnu vrednost. Posle toga ga treba izvaditi




*Slika 4.6-a. Stabilisani ispravljač sa kolom LM317*

i izmeriti mu otpornost od klizača do gornjeg kraja, pa umesto njega staviti običan otpornik.

Ako na izlaz ispravljača priključujete i instrument koji pri jednom položaju preklopnika Pr pokazuje izlazni napon, a pri drugom izlaznu struju, pogledajte prvo poglavlje 3.3. U svakom slučaju, ne zaboravite da klizače P i TP1 stavite u krajnji gornji položaj, a klizač TP2 u donji.

Izgled štampane ploče dat je na slici 4.6-b. Između stopice spojene sa stopicom 2 i stopice spojene sa + polom kondenzatora C3 je isprekidana linija koja predstavlja skakač. To je komad žice koji se montira sa strane komponenata, mada može i sa strane bakra, na isti način kao i ostale komponente. Preklopnik Pr ima tri nožice. Kada je ručica preklopnika u položaju kao na slici, ostvaren je spoj između srednje i leve nožice. Kada se ručica prebaci u suprotni položaj, pomenuti spoj se raskida, a ostvaruje se spoj između srednje i desne nožice.

Na slici 4.6-c je prikazan horizontalan presek kutije u koju je smešten ispravljač. Štampana pločica je sa četiri zavrtnja za drvo pričvršćena na dve drvene letvice koje su zalepljene (ili prikucane) za dno kutije. Pogled na pločicu je sa strane komponenata. To je slika koja se dobija kada se pločica sa slike 4.6-b okrene s leva u desno. Skakač je komad žice između kondenzatora C4 i C5. Desno od pločice je mrežni transformator MT. Na prednju ploču kutije montirani su prekidač S, kućište osigurača OS, LED dioda, potenciometar P, instrument A i buksne + i –. Sve ove komponente povezuju se sa štampanom pločom pomoću izolovanih žica.

Ako se koristi kolo LM317K (u kućištu TO3), ili se 317T montira na neki veći i teži hladnjak, tako da nožice ne mogu da se leme direktno na štampanu ploču, hladnjak treba da je blizu štampane ploče tako da žice kojima se nožice povezuju sa štampanim kolom budu što kraće. Ako su te žice duže od 10 cm, tada kondenzatore od 100 nF treba zalemiti direktno između nožica 1 i 2 odnosno 2 i 3. O podešavanju trimer potenciometara, bilo je reči u poglavlju 3.3.

Izgled prednje ploče kutije u koju je smešten ispravljač je na slici 4.6-d. Ako ne koristite instrument za pokazivanje izlaznog napona i struje, tada oko dugmeta potenciometra treba nacrtati skalu, koja se baždari na ranije opisan način.

Prekidač koji je ovde iskorišćen je skinut sa jednog rashodovanog ventilatora, umesto njega može da se koristi bilo kakav prekidač za napon od 220 V.

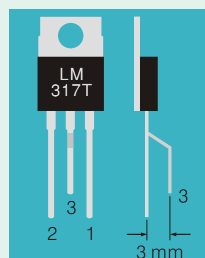
* Hladnjak je napravljen od komada aluminijumskog lima, debljine 2 mm, koji je savijen u oblik ćiriličnog slova П.

* Zapazite da je srednja nožica kola LM137T savijena u napred. Time je postignuta veća mehanička stabilnost kola na pločici.

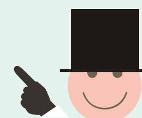
* Instrument A na slici 4.6-a, pri merenju izlaznog napona ne pokazuje tačnu vrednost. On pokazuje napon između levog kraja otpornika $R_{SC}$ i negativnog priključka. Izlazni napon je manji od ove vrednosti za pad napona na otporniku $R_{SC}$. Ali, pošto je otpornost ovog otpornika vrlo mala, greška može da se toleriše.

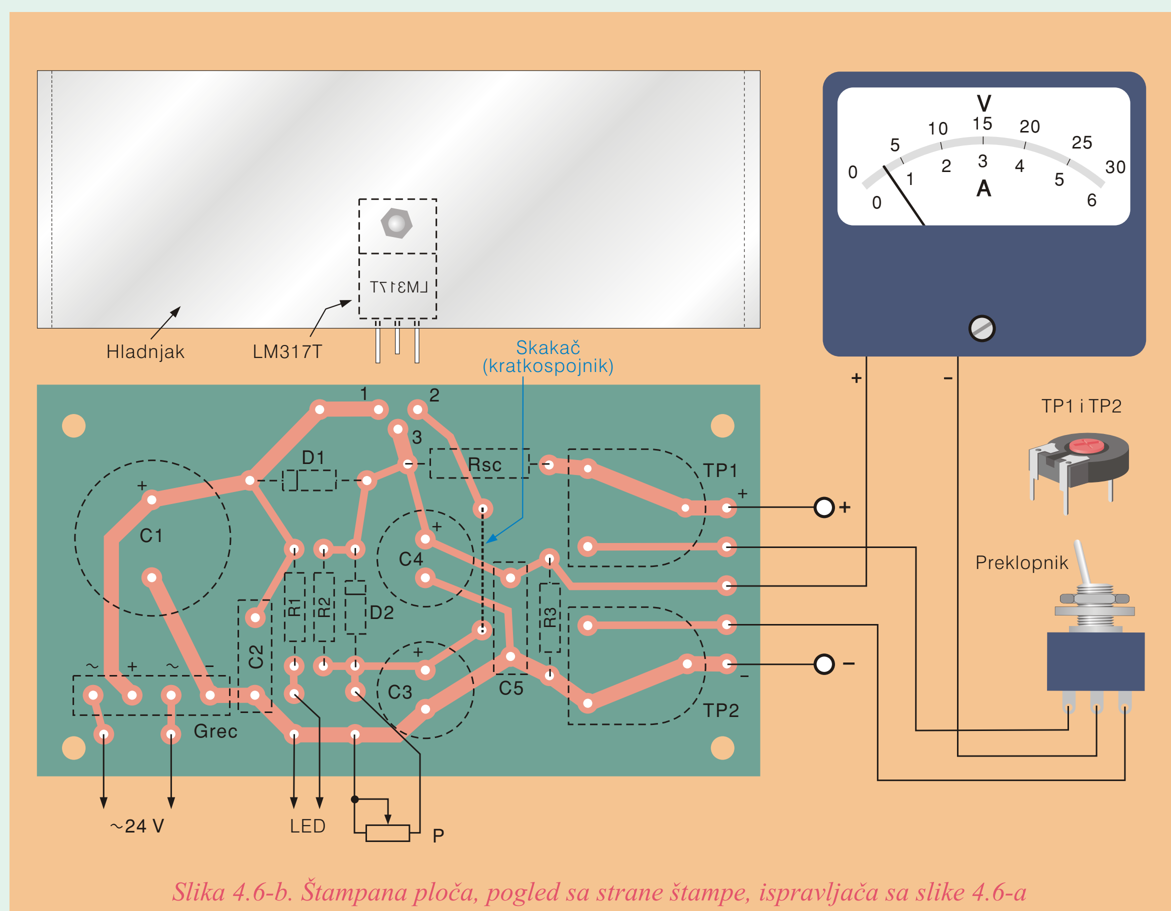
* Snaga transformatora na slici 4.6-c je oko 6 W. On je nacrtan ovako mali samo da bi slika bila lepša. U stvarnosti, on je znatno veći.

* Slike 4.6-c i 4.6-d su umanjene za 10%.

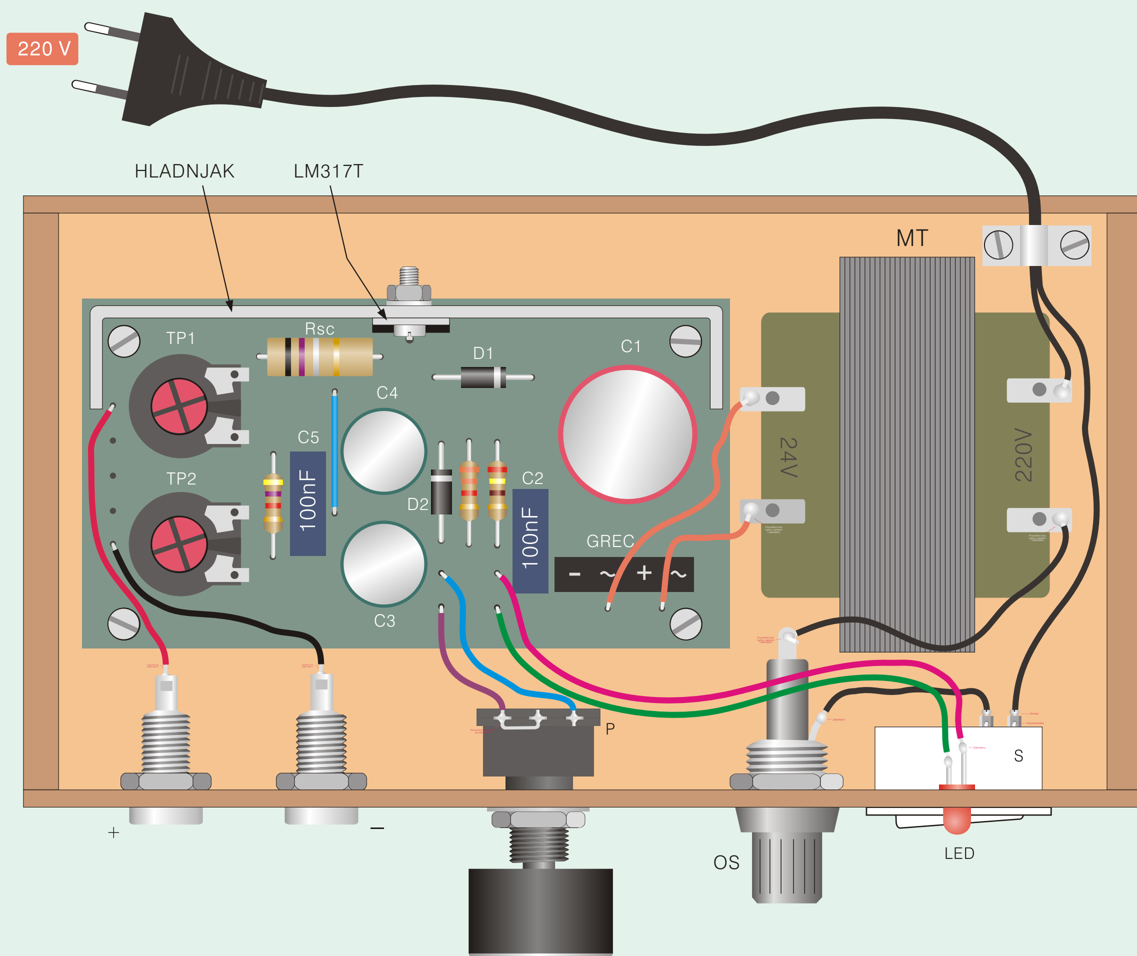



Ovako, pomoću klešta i pincete, treba saviti srednju nožicu (3).

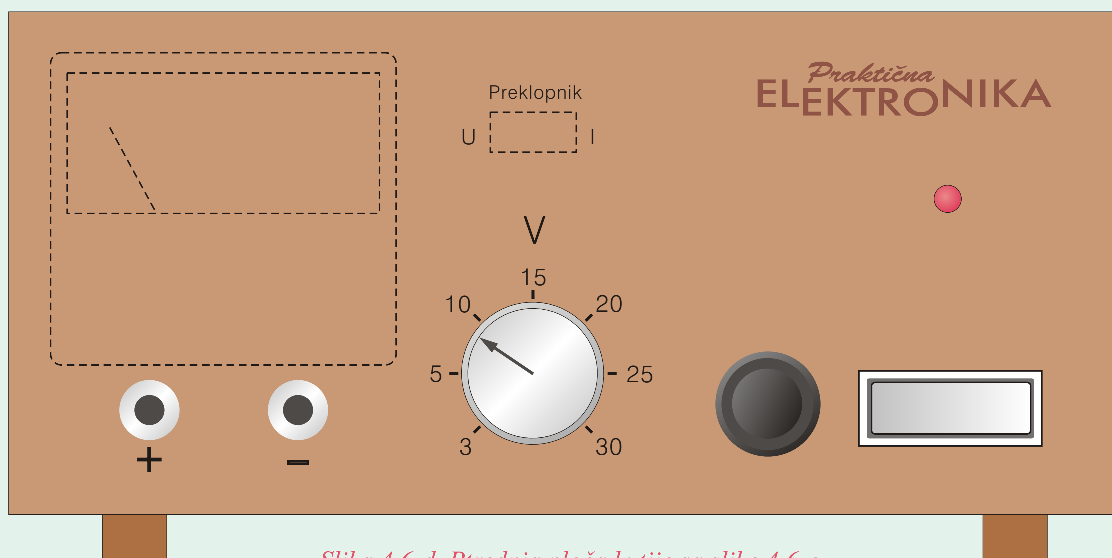





*Slika 4.6-b. Štampana ploča, pogled sa strane štampe, ispravljača sa slike 4.6-a*




*Slika 4.6-c. Ispravljač sa slike 4.6-a u kutiji*




*Slika 4.6-d. Ptrednja ploča kutije sa slike 4.6-c*

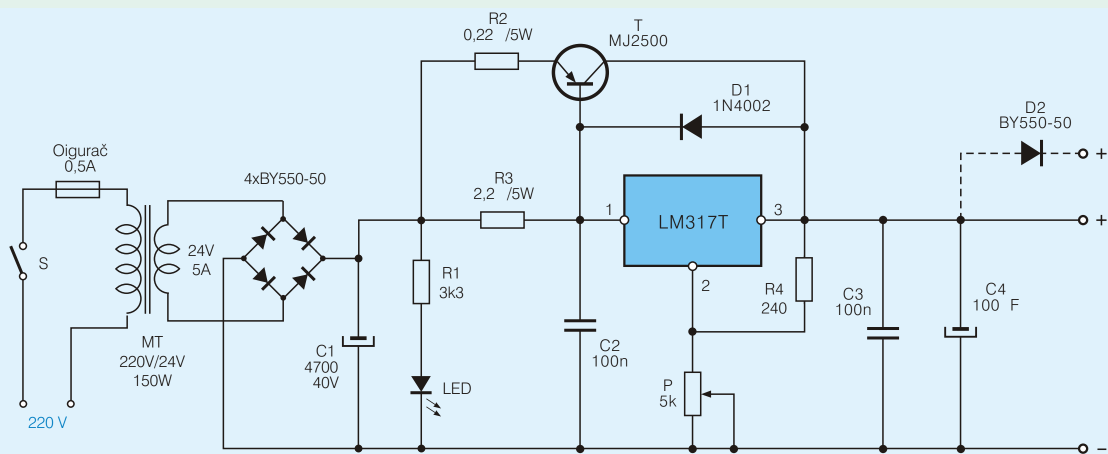
## 4.7. Stabilisani ispravljač sa LM317T i tranzistorom MJ2500

Ovo je stabilisani ispravljač (sl. 4.7-a) čija je maksimalna izlazna struja 5 A, mada ona, sa snažnijim mrežnim transformatorom i ispravljačkim diodama za veće struje, može da bude i veća. To je šema ispravljača iz prethodnog poglavlja kome su dodati tranzistor MJ2500 i otpornici R1 i R2.

Dok je struja potrošača manja od 0,32 A, tranzistor T je blokiran i ne provodi struju., provodi samo kolo 317. Za struje veće od 0,32 A, tranzistor se otvara i struja teče i kroz njega i, što god je struja veća, deo struje koji teče kroz tranzistor postaje sve veći u odnosu na deo koji protiče kroz kolo 317. Zahvaljujući otpornicima R2 i R3, kola unutar 317, koja ovo kolo štite od preopterećenja i pregrevanja, štite i tranzistor T1.

Izgled štampanog kola, pogled na stranu bakarnih linija, je na slici 4.7-b. U grecovom usmeraču su iskorišćen četiri diode BY550-50. Nožice ovih dioda su žice prečnika 1,3 mm. Stopice u koje su zalemljene nožice su proširene u velike bakarne površine, koje deluju kao hladnjaci. One prihvataju toplotu koja se iz dioda prenosi preko nožica i emituju je u okolni prostor.

Kolo LM317T, se montira direktno na štampanu pločicu, a MJ2500 na hladnjak, kao što je prikazano na slikama 4.7-c 4.7-d. Žice kojima su emiter (E), kolektor i baza (B) tranzistora MJ2500 spojeni sa štampom, kao i žice kojima su tačke obeležene sa + i – spojene sa buksnama na



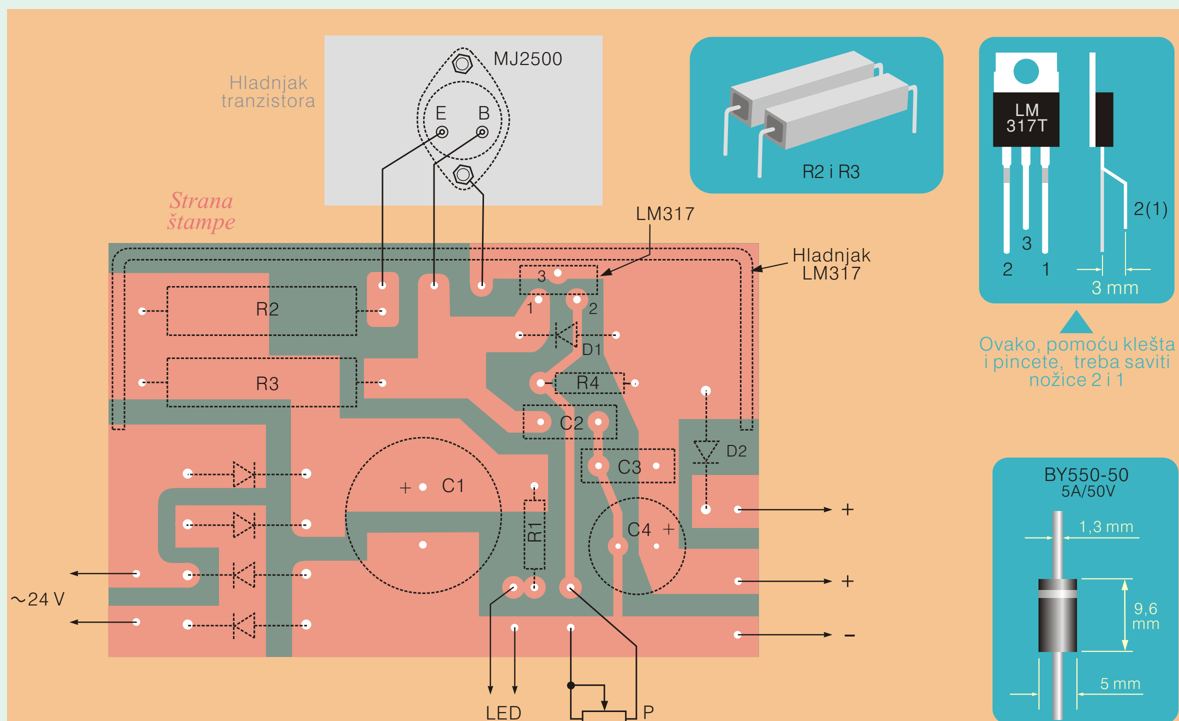

*Slika 4.7-a. Stabilisani ispravljač sa kolom LM317 i snažnim tranzistorom*

prednjoj ploči kutije u kojoj je ispravljač, treba da su dovoljno debele da bi mogle da izdrže veliku struju.

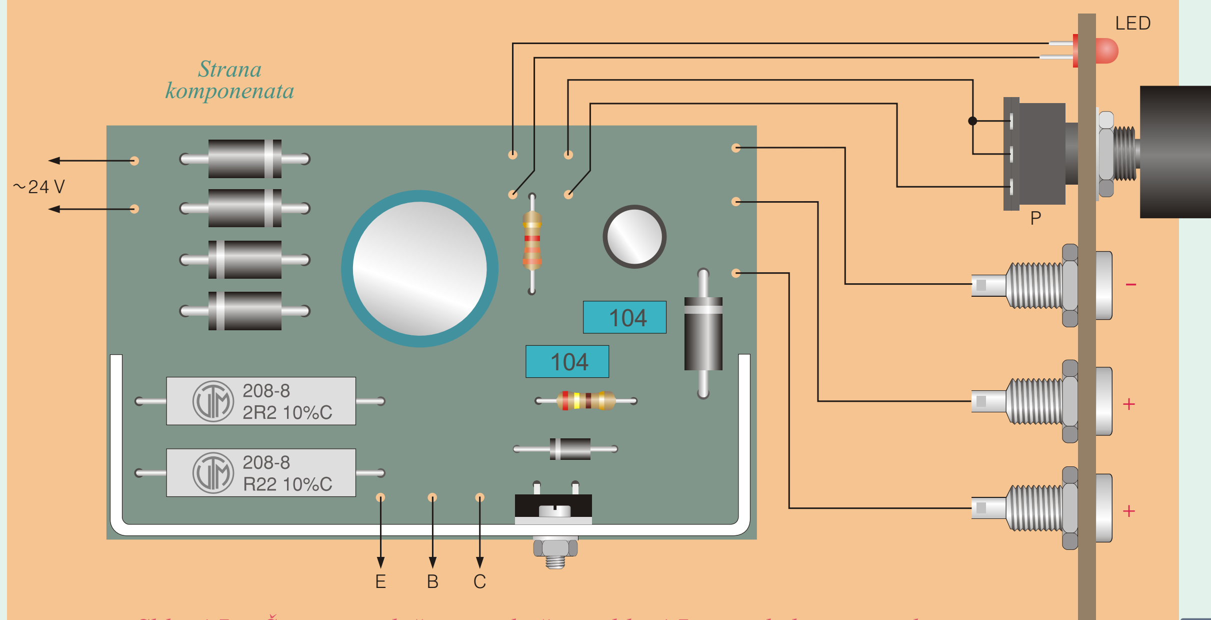
Na slici 4.7-c je pogled na pločicu sa strane komponenata. Ova slika se dobija kada se pločica sa slike 4.7-b okrene odozgo nadole.

Na donjoj i gornjoj površini kutije u kojoj je smešten ispravljač se izbuši veći broj rupa kroz koje struji vazduh za hlađenje. Hladnjaci mogu da budu znatno manjih dimenzija ako se koristi mali ventilator iz kompjutera. Za njegovo napajanje treba dodati i stabilizator sa kolom 7812.

* Vrlo velike struje, kada ne posedujete odgovarajući tranzistor, ili takav uopšt ne postoji,




*Slika 4.7-b. Štampana ploča ispravljača sa slike 4.7-a, pogled na stranu štampe*

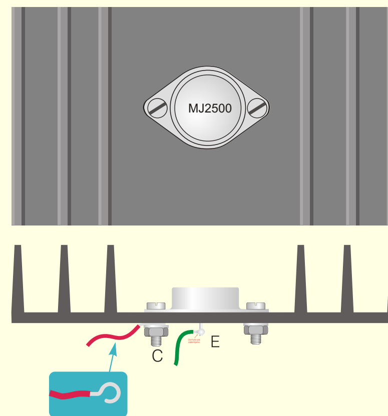



*Slika 4.7-c. Štampana ploča ispravljača sa slike 4.7-a, pogled na stranu komponenata*

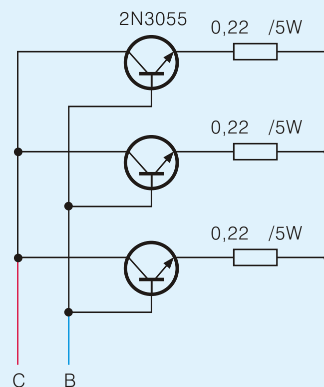
ostvaruju se paralelnim vezivanjem dva ili više tranzistora. Ako, na primer, želite da, po šemi sa slike 4.7-a, napravite ispravljač za izuzetno veliku struju, tada umesto jednog može da se koristi tri tranzistora MJ2500 vezanih u paralelu. Struja ispravljača je jednaka zbiru struja paralelno vezanih tranzistora. Paralelno vezivanje se vrši prema slici 4.7-e. Električni spoj između kolektora je ostvaren preko zajedničkog hladnjaka na koji su montirani tranzistori. Na hladnjak je montirana i pločica od nekog izolacionog materijala, u kojoj su, vrlo blizu jedna drugoj, izbušene četiri rupice. Kroz njih su provučeni krajevi tri otpornika i jedne žice, uvrnuti i svi zajedno dobro međusobno zalemljeni. Baze tranzistora su spojene sa dva komada žice. Krajevi žica obeleženi sa B, C i E se spajaju sa štampanom pločicom.

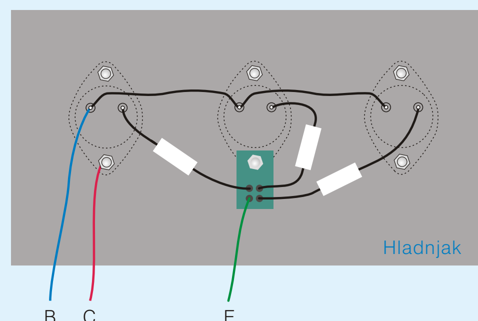
Otpornici na slici 4.7-d služe za tzv. uparivanje tranzistora. Pomoću njih se ostvaruje da se struja potrošača ravnomerno raspodeli na sva tri tranzistora. Njihova otpornost je obično nekoliko desetih delova oma (recimo 0,22 a snaga nekoliko vati (recimo 5 W, za struju do 5 A po tranzistoru).

Ovaj ispravljač može da se koristi i za punjenje automobilskih akumulatora. U tom slučaju, da se ne bi desilo da akumulator, pri mogućem nestanku mrežnog napona od 240V, uništi ispravljač, između ispravljača i akumulatora treba priključiti diodu D3. Ova dioda mora da bude sposobna da izdrži potrebnu struju punjenja. Obično se usvaja da je struja punjenja brojčano jednaka jednoj desetini kapaciteta akumulatora (izraženoj u amper časovima). Na primer ako je kapacitet akumulatora 35 Ah, struja punjenja treba da je 3,5 A. Dakle, priključite akumulator na ispravljač i pomoću potenciometra P podesite struju na potrebnu vrednost. Kako se akumulator bude punio, struja će se smanjivati i kada bude pun, struja će prestati da teče.




*Slika 4.7-d. MJ2500 na hladnjaku*



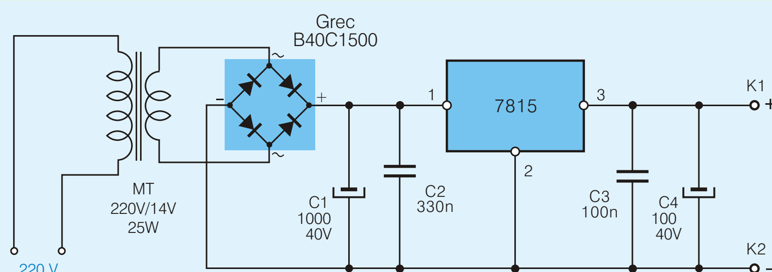

*Slika 4.7-e. Vezivanje tranzistora u paralelu*

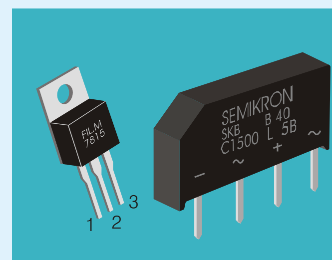
## 4.8. Najjednostavniji odličan ispravljač

Integrisani stabilizatori fiksnog jednosmernog napona iz serije 78XX su toliko jeftini i jednostavni za upotrebu, a tako dobrih karakteristika, kao što može da se vidi u poglavlju 2.8, da se prosto nameću za upotrebu u ispravljačima koji imaju nepromenljiv izlazni napon, odnosno u ispravljačima koji se ugrađuju u neki elektronski uređaj. Dakle, ako pravite neki elektronski uređaj za čije je napajanje potreban izvor jednosmernog napona od 15 V a njegova maksimalna struja nije veća od 1,5 A, iskoristite ispravljač sa slike 4.8-a.

Po istoj šemi može da se napravi ispravljač i za druge jednosmerne napone. Tada, umesto 7815 treba staviti drugo, odgovarajuće kolo, sa odgovarajućim naponom iz tabele na slici 2.8. Ako je potrebna maksimalna izlazna struja (1,5 A), jednosmerni napon na ulazu stabilizatora treba da odgovara veličini $U_{1min}$. Za manje struje, ovaj napon može da bude veći, ali ne veći od $U_{1max}$. Napon (efektivna vrednost) sekundara mrežnog transformatora treba da je $U_S = 0{,}7 \cdot U_1$.

Na slici 4.8-b je fotografija ispravljača napravljenog prema šemi veza sa slike 7.8-a. Tu su sve komponente osim mrežnog transformato-




*Slika 4.8-a. Stabilisani ispravljač fiksnog napona sa kolom 7815*

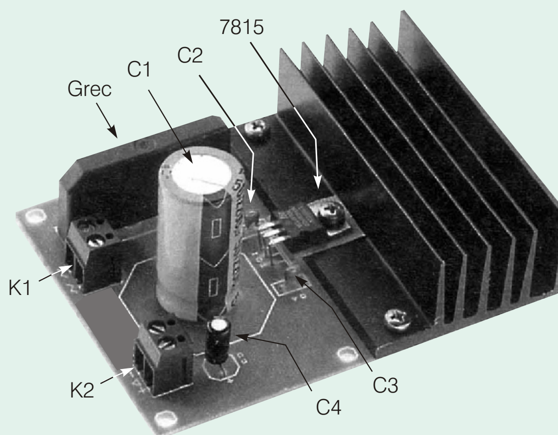
ra. Blok kondenzatori C2 i C3 su minijaturni, tako da se teško zapažaju.

Naizmenični napon od 14 V se dovodi na pločicu preko kleme K1, a jednosmerni od 15 V se vodi na potrošač preko K2. Izgled ovih klema je prikazan u donjem desnom delu slike 4.8-c. One imaju po dve nožice koje se leme na štampanu ploču, a pričvršćivanje žica se vrši pomoću dva zavrtnja.

Iskorišćen je fabrički izrađen hladnjak, koji je na ploču pričvršćen sa tri zavtnja. Moguće je koristiti i ručno izrađen hladnjak koji je opisan u projektu 4.10.

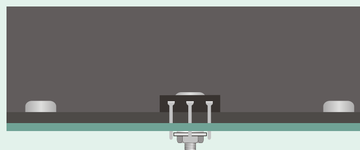
Štampana pločica je prikazana na slici 4.8-c. Levo je pogled na stranu bakra a desno na stranu komponenata.

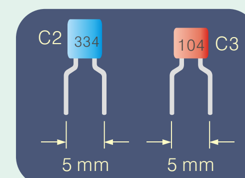
Zapazite kako su delovi štampe koji su spojeni sa nožicama Greca prošireni u obliku ostrva. Oni deluju kao hladnjaci koji toplotu, koja na njih stiže preko nožica, zrače u okolni prostor i na taj način poboljšavaju hlađenje Greca.



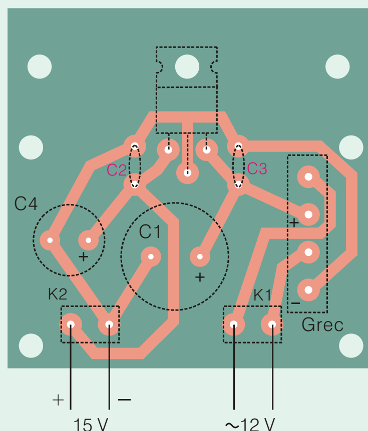

*Slika 4.8-b. Fotografija ispravljača realizovanog po šemi sa slike 4.8-a (bez transformatora)*

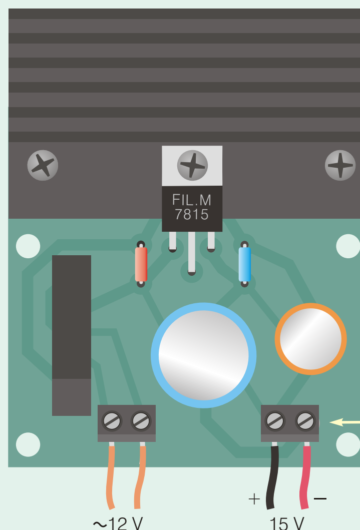


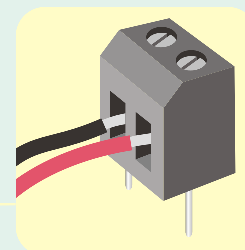






334 = 330000 pF = 330 nF
104 = 100000 pF = 100nF

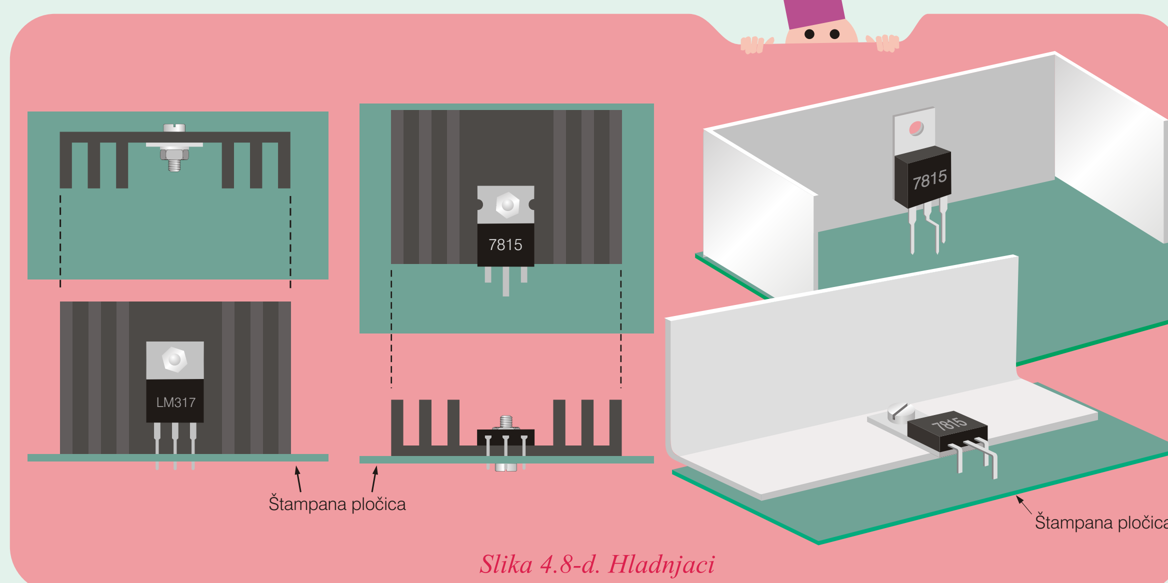


*Slika 4.8-c. Štampana pločica ispravljača sa slike 4.8-a*

Meni se najviše dopada onaj u sredini.




*Slika 4.8-d. Hladnjaci*

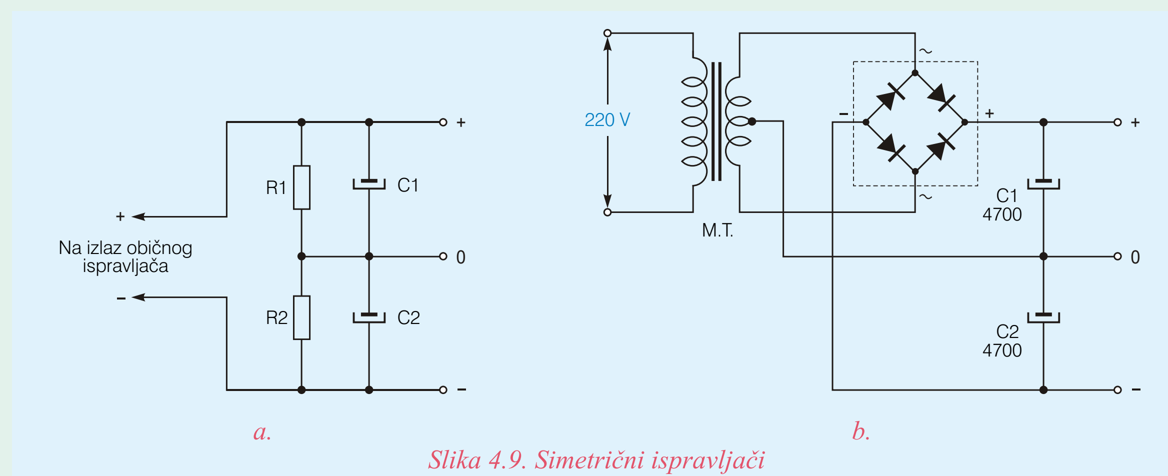
## 4.9. Jednostavan simetrični ispravljač

U nekim uređajima, od kojih su najpoznatiji audio pojačavači velikih snaga, neophodan je ispravljač koji daje dva jednosmerna napona istih veličina od kojih je jedan pozitivan a drugi negativan u odnosu na masu. (Za ovakve uređaje se kaže da imaju simetrično napajanje, a za ispravljače da imaju simetričan izlaz.)

Ispravljač sa simetričnim izlazom može da se napravi od bilo kog od ispravljača opisanih u prethodnim poglavljima, kojima treba dodati kolo sa slike 4.9-a. Izlazni naponi su jednaki polovini izlaznog napona ispravljača. Na primer, ako je izlazni napon ispravljača 30 V, tada se između tačaka obeleženih sa + i 0 dobija jednosmerni napon od +15 V, a između tačaka obeleženih sa – i 0, jednosmerni napon od –15 V. Kapacitivnost kondenzatora $C_1$ i $C_2$ treba da je što veća, recimo 1000   F ili veća, sa radnim naponom većim od izlaznog napona ispravljača. Otpornosti otpornika $R_1$ i $R_2$ su jednake i treba da su što manje, što zavisi od maksimalne struje ispravljača i veličine napona. Na primer, ako je izlazni napon ispravljača 24 V, a njegova maksimalna struja 2 A, tada se na izlazu kola dobijaju naponi od +12 V i –12 V. Ako su otpornosti otpornika $R_1$ i $R_2$ jednake 18   , a njihove snage su po 10 W, tada će kroz otpornike da teče struja od oko 0,7 A, a za uređaj koji se napaja iz ovog ispravljača će preostati oko 1,3 A.

Bolje rešenje simetričnog ispravljača, kod koga nema pomenutih gubitaka u otpornicima, je prikazano na slici 4.9-b. Koristi se mrežni transformator sa izvodom na sredini sekundarnog namotaja. (To je, zapravo, transformator koji ima dva ista sekundarna namotaja koji su vezani na red, o čemu je bilo reči u poglavlju 1.1.)

Izvod na sekundaru se povezuje sa masom uređaja koji se napaja iz ovog ispravljača. Ako je naizmenični napon na sekundaru transformatora 12V-0-12 V, na izlazu se, u praznom hodu, dobijaju naponi od približno +17 V i –17 V.




*Slika 4.9. Simetrični ispravljači*

Za usmeravanje se koriste četiri diode za struju jednaku ili veću od potrebne struje i sa inverznim naponom jednakim ili većim od 50 V, ili Grecov usmerač sličnih karakteristika.

Ovakvi ispravljači obično imaju izlazne napone od nekoliko desetina volti (recimo ±40 V) i struje od nekoliko ampera. U njima se ne koriste stabilizatori, ali je izvesna stabilnost ostvarena upotrebom kondenzatora velike kapacitivnosti.

## 4.10. Stabilisani simetrični ispravljač 1

Simetrični ispravljač sa slike 4.9-b je dobar za napajanje uređaja za koje nije izuzatno važno da napon napajanja bude strogo konstantan. U slučajevima kada izlazni naponi moraju da budu konstantni, može da se koristi se ispravljač sa slike 4.10 u kome je stabilizacija ostvarena pomoću dva kola 7815. Kao što se vidi, potreban je mrežni transformator sa dva nezavisna sekundarna namotaja. Izlazni naponi su +15 V i –15 V. Za druge vrednosti izlaznih napona treba koristiti odgovarajuća kola i podatke sa slike 2.8, o čemu je već bilo reči u poglavlju 4.8.

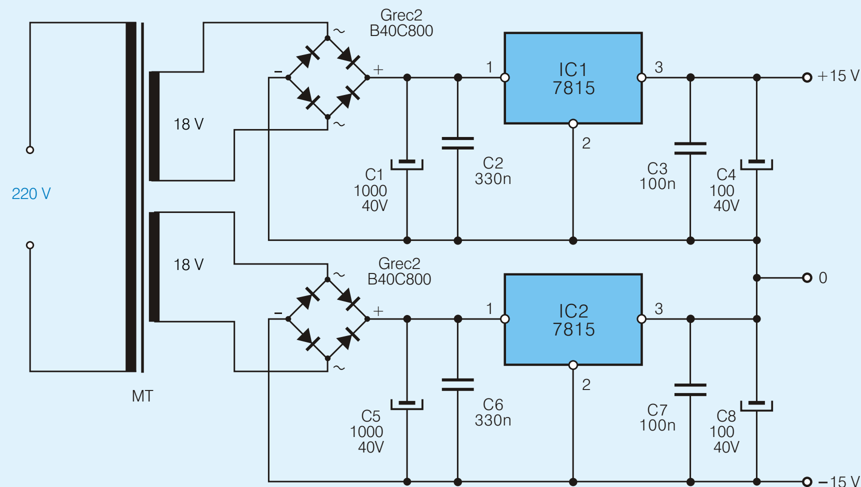
Izgled štampane pločice dat je na slici 4.10-b. Pre nego što se upustite u precrtavanje i izradu pločice, proverite da li rastojanja nožica vaših kondenzatora odgovaraju rastojanjima stopica na crtežu i, ako je potrebno, izvršite izmene.

* Blok kondenzatori C2, C3, C6 i C7 su minijaturni kondenzatori, kao na slici 4.8-b, ali na pločici ima dovoljno mesta i ako su vaši kondenzatori znatno većih dimenzija.

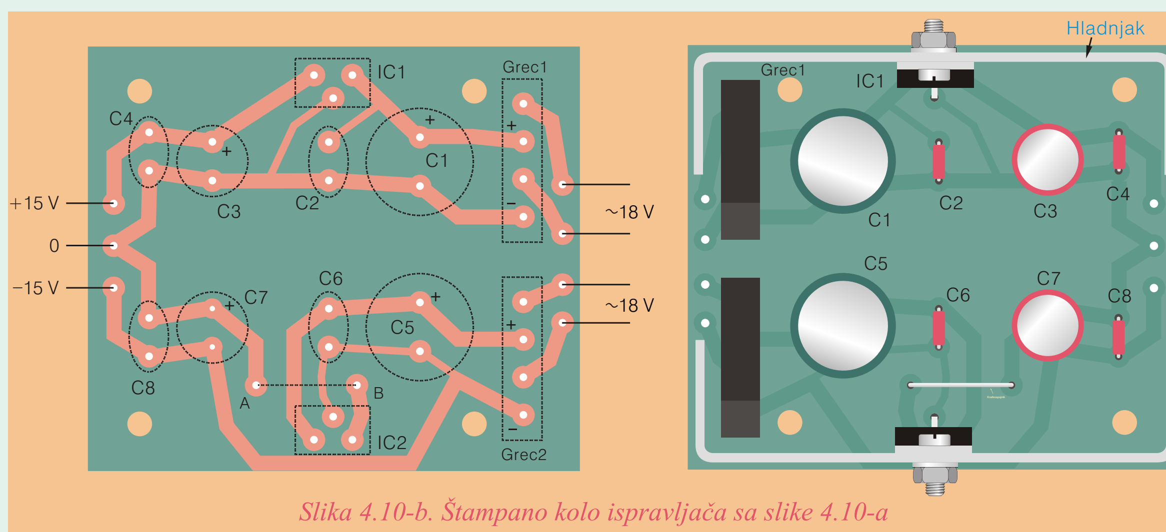
* Na pločici, između tačaka A i B, je kratkospojnik (skakač).

* Integrisana kola nose na sebi hladnjake od aluminijumskog lima, kao što je prikazano na slici 4.10-c, a njihove nožice se leme na stopice na štampanoj ploči. Srednja nožica je kod oba stabilizatora povijena unapred.

* Da bi se ostvarila dovoljna mehanička stabilnost, hladnjak treba da naleže na površinu pločice. To se ostvaruje tako što se nožice kola provuku kroz stopice i zalemi samo srednja nožica. Zatim se stavi hladnjak, tako da dodiruje pločicu i na njemu obeleži mesto na kome treba da se izbuši rupa. Posle toga, se provuče i ušrafi zavrtanj, ali ne do kraja. I kolo i hladnjak se malo pomere, tako da krilce kola lepo legne na hladnjak i šraf dobro pritegne. Na kraju, zaleme se i




*Slika 4.10-a. Simetrični stabilisani ispravljač 1*




*Slika 4.10-b. Štampano kolo ispravljača sa slike 4.10-a*

preostale dve nožice kola.

* Pri savijanju lima od koga se pravi hladnjak, voditi računa da deo koji naleže na kolo ostane potpuno ravan, tako da kolo lepo naleže na hladnjak, što obezbeđuje dobro prenošenje toplote sa kola na hladnjak. Prenošenje toplote sa stabilizatora na hladnjak se u znatnoj meri poboljšava ako se, pre montaže, krilce kola premaže specijalnom silikonskom mašću koja dobro provodi toplotu, a čijom upotrebom se postiže da se između hladnjaka i stabilizatora ne zadrže ostrva vazduha, koji je dobar termički izolator.




*Slika 4.10-c. Hladnjak sa integrisanim kolom*

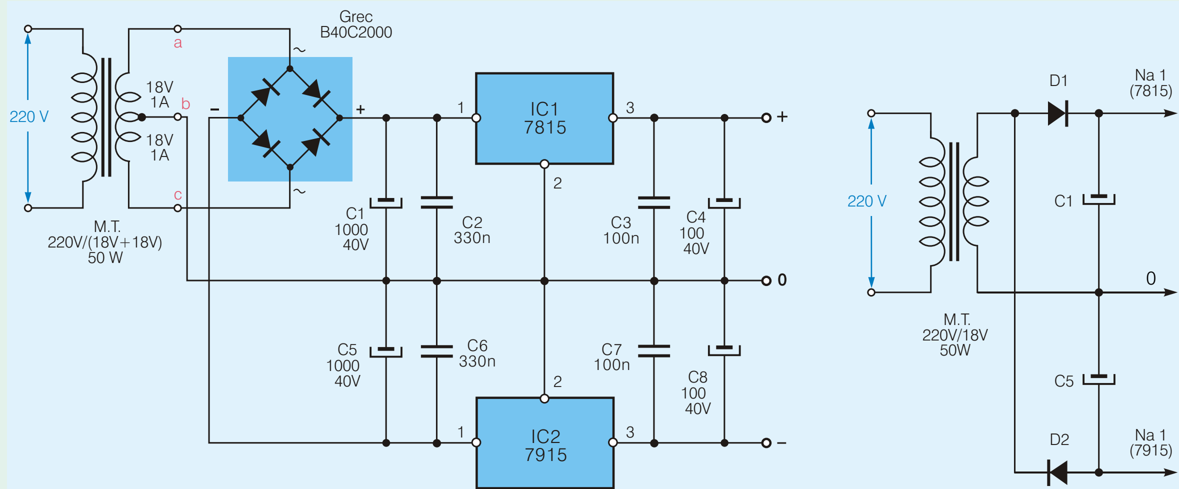
## *4.11. Stabilisani simetrični ispravljač 2*

Simetrični ispravljač sa dva kola 78XX iz prethodnog poglavlja može da se realizuje samo sa mrežnim transformatorom koji ima dva ista posebna sekundarna navoja. U prodavnicama se češće nalaze mrežni transformatori sa dva ista sekundarna navoja kod kojih su kraj jednog i početak drugog navoja već spojeni, tako da sekundar transformatora ima samo tri izvoda. U tom slučaju, simetrični ispravljač se realizuje po šemi sa slike 4.11-a, na kojoj se stabilizacija pozitivnog napona vrši kolom 78XX a negativnog kolom 79XX. Inače ova šema se smatra za pravo rešenje simetričnog stabilizatora.

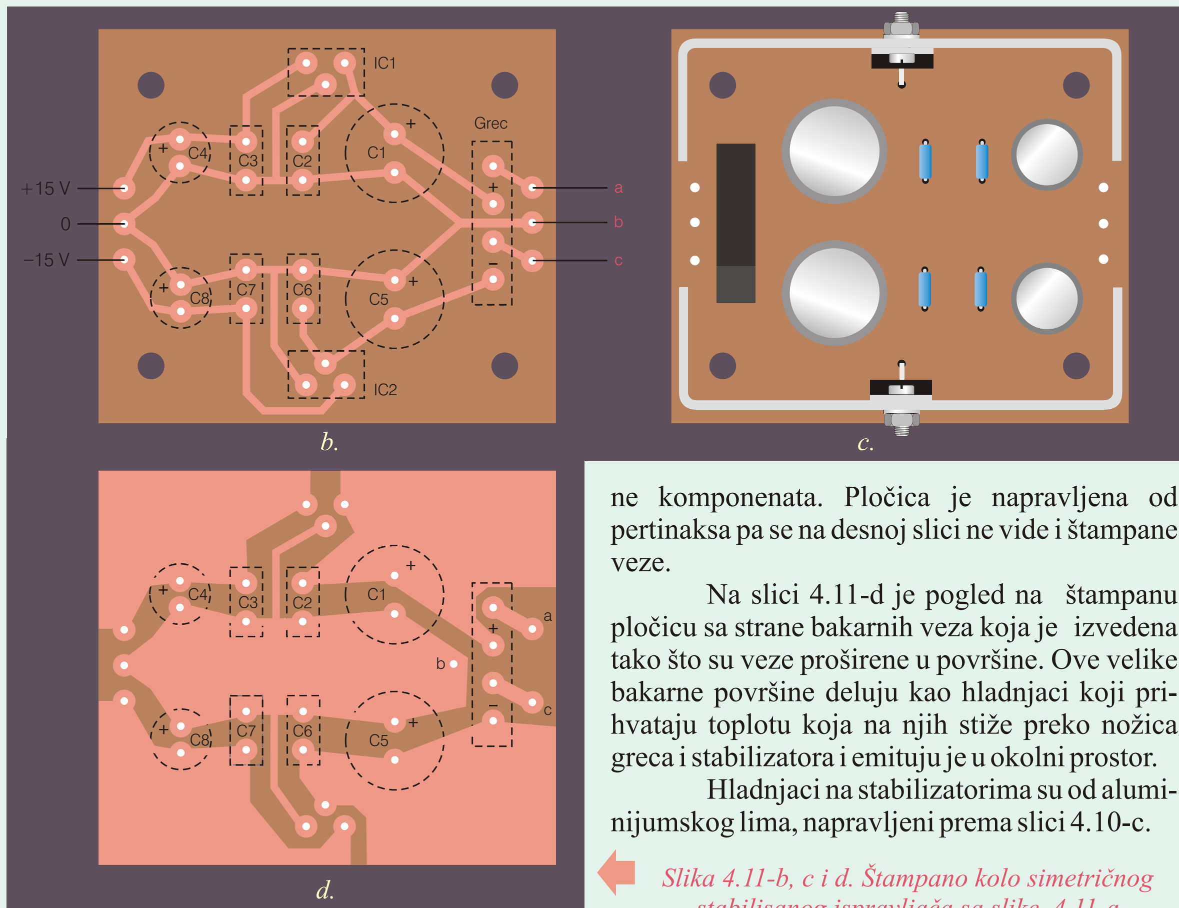
Na šemi na slici 4.11-a, izlazni naponi su +15 V i –15 V, pa se koriste kola 7815 i 7915. Za druge izlazne napone treba koristiti druga kola a, po potrebi, i drugi mrežni transformator, imajući u vidu tabele sa slika 2.8 i 2.9, kao i priču iz poglavlja sa istim brojevima.

Ako se koristi transformator koji ima samo jedan sekundarni namotaj, bez izvoda na sredini, tada se usmeravanje vrši pomoću dve diode, po šemi na desnom delu slike 4.11-a. Ovo rešenje je lošije od onog sa levog dela slike, jer se u njemu vrši jednostrano ispravljanje. Ali ovaj nedostatak dolazi do izražaja samo pri vrlo velikim strujama ispravljača.

Štampana pločica je prikazana na slici 4.11-b, c i d. Na slici 4.11-b je pogled na pločicu sa strane štampanih veza a na slici 4.11-c sa stra-




*Slika 4.11-a. Simetrični stabilisani ispravljač 2*




ne komponenata. Pločica je napravljena od pertinaksa pa se na desnoj slici ne vide i štampane veze.

Na slici 4.11-d je pogled na štampanu pločicu sa strane bakarnih veza koja je izvedena tako što su veze proširene u površine. Ove velike bakarne površine deluju kao hladnjaci koji prihvataju toplotu koja na njih stiže preko nožica greca i stabilizatora i emituju je u okolni prostor.

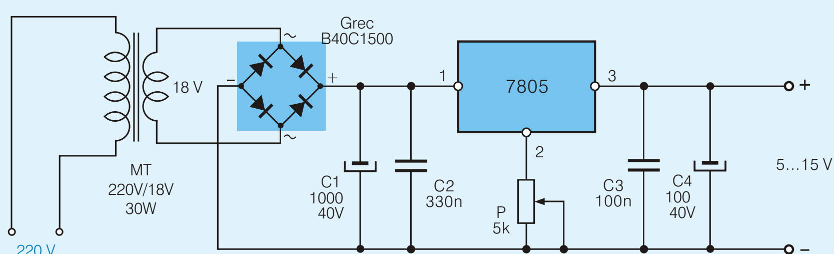
Hladnjaci na stabilizatorima su od aluminijumskog lima, napravljeni prema slici 4.10-c.

*Slika 4.11-b, c i d. Štampano kolo simetričnog stabilisanog ispravljača sa slike 4.11-a*

## 4.12. Stabilisani ispravljač sa promenljivim naponom sa kolom 78XX

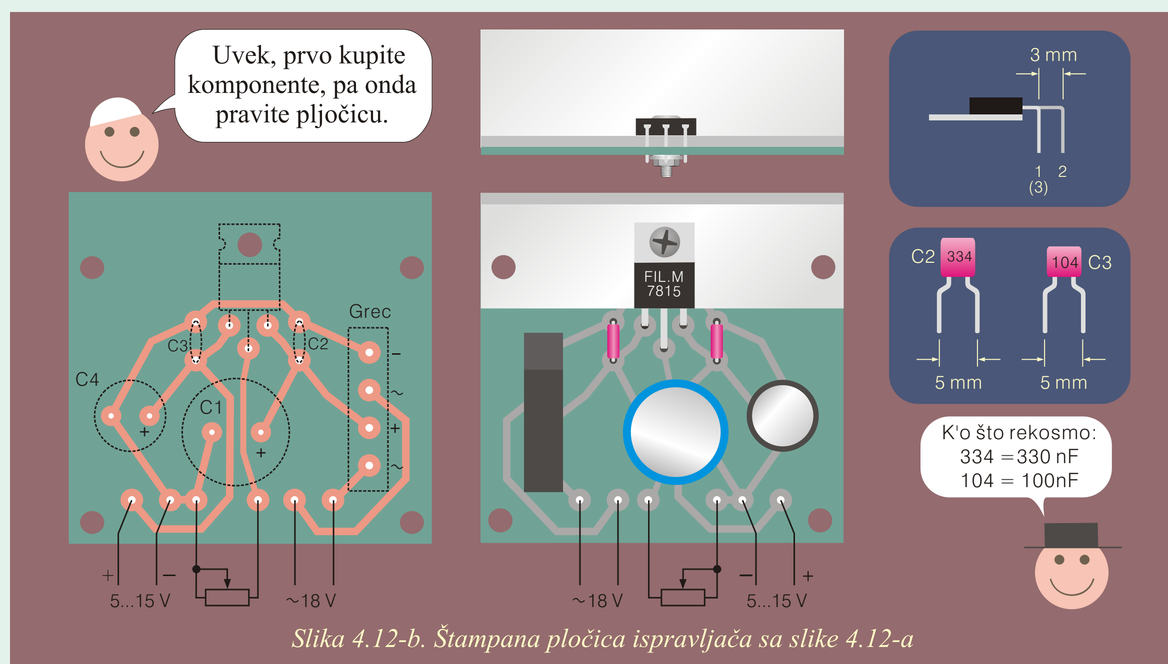
Kola iz serije 78XX, kao i iz serije 79XX, mogu da se koriste i u ispravljačima čiji izlazni napon može da se menja i podešava na potrebnu veličinu. Ali, minimalna vrednost izlaznog napona ne može da bude manja od napona za koje je to kolo predviđeno. Na primer, ako koristimo kolo 7805, najmanja vrednost izlaznog napona je 5 V.

Električna šema ispravljača sa kolom 7805, čiji izlazni napon može da se menja u granicama od 5 V do 15 V, prikazana je na slici 4.12-a. Ako izlazni napon nije dovoljno stabilan, treba koristiti potenciometar manje otpornosti (500 do 1000 ), a između nožica 3 i 2 zalemiti otpornik otpornosti 1000 .




*Slika 4.12-a. Stabilisani ispravljač sa kolom 7805 sa promenljivim izlaznim naponom*

Štampana pločica je prikazana na slici 4.12-b. Hladnjak je od aluminijumskog lima savijenog u oblik ćiriličnog slova , kao što je hladnjak u donjem desnom uglu slike 4.8-d.




*Slika 4.12-b. Štampana pločica ispravljača sa slike 4.12-a*

## 4.13. Razno

### 4.13.1. Stabilisani ispravljač sa operacionim pojačavačem

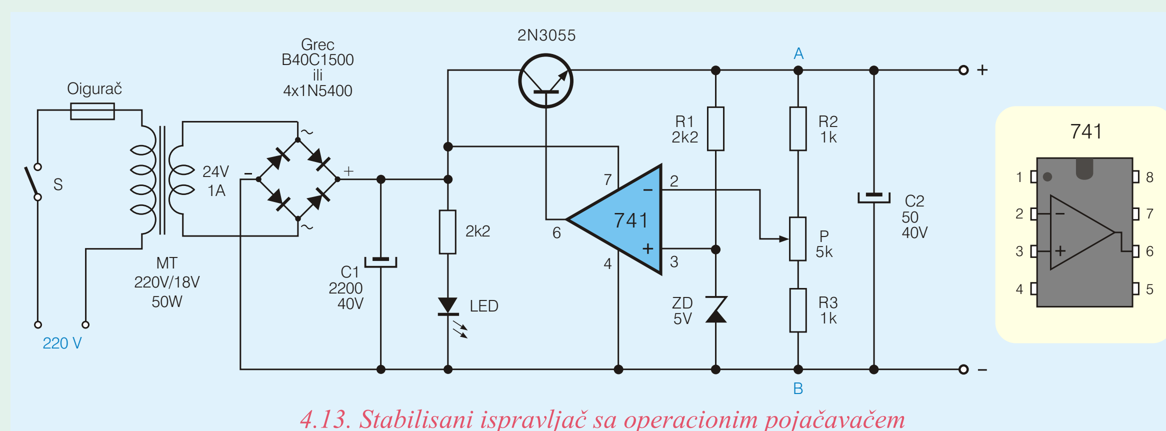
Ovaj ispravljač spada u "staru gardu" i veoma mnogo je korišćen pre pojave integrisanih stabilizatora, koji su inače, i pravljeni po istoj električnoj šemi.

Veličina izlaznog napona je :

$$U_{iz} \quad (1 \quad \frac{R_X}{R_Y}) \; U_Z ,$$

u kome je $R_X$ - otpornost od tačke A do klizača potenciometra, a $R_Y$ - otpornost od klizaža do tačke B.

Veličina izlaznog napona se menja pomoću potenciometra P. Sa potenciometrom otpornosti 5 k zener diodom sa naponom 5,1 V i sa $R_2$=$R_3$=1 k izlazni napon može da se menja u granicama od 6 V do 22 V. Drugačiji opseg može da se ostvari sa drugim vrednostima nabrojanih komponenata.




*4.13. Stabilisani ispravljač sa operacionim pojačavačem*

### 4.13.2. Ispravljač za dobijanje vrlo visokog jednosmernog napona

Poznato je da se ljudi posle nevremena sa mnogo grmljavine lepše osećaju, jer je vazduh čistiji i u njemu ima mnogo više ozona, koji pozitivno utiče na nervni sistem. Višak ozona, odnosno jonizovanog vazduha, je posledica vrlo snažnih električnih polja koja, za vreme oluje, postoje između zemlje i naelektrisanih oblaka ili između različito naelektrisanih oblaka. Za one kojima ozon naročito prija, a nemaju živaca da čekaju kada će biti grmljavine, napravljeni su tzv. jonizatori vazduha. Oni se sastoje od dve paralelne metalne ploče na koje se dovodi vrlo veliki jednosmerni napon. Pod dejstvom jakog električnog polja između ploča, vazduh između njih biva jonizovan i ispunjava prostoriju.

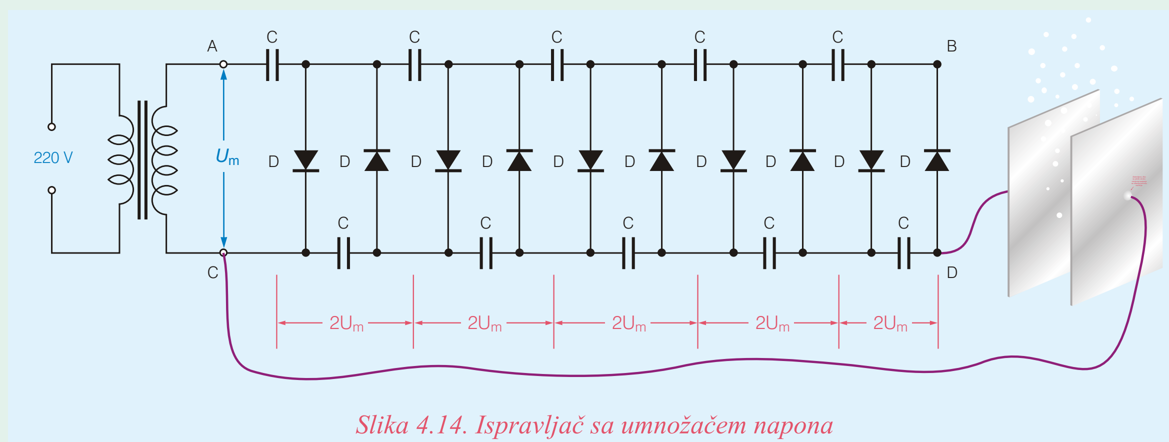
Ako i vi spadate u one kojima ozon veoma prija, pa rešite da napravite jonizator, ili vam je vrlo visoki jednosmerni napon potreban za nešto drugo, možete da koristite ispravljač sa slike 4.14, koji je poznavaocima TV uređaja poznat

pod imenom kaskada.

Radni napon kondenzatora, kao i inverzni napon dioda, mora da bude jednak ili veći od $2U_m$, gde je $U_m$ - maksimalna vrednost naizmeničnog napona na sekundaru mrežnog transformatora ($U_m$=1,41$U_s$). Što god je $U_m$ veći, potreban jednosmerni napon se ostvaruje sa manje dioda i kondenzatora, ali tada su potrebni kondenzatori sa većim radnim naponom i diode sa većim inverznim naponom. Jednosmerna struja koju daju visokonaponski ispravljači je obično vrlo mala pa je kapacitivnost kondenzatora u granicama od nekoliko stotina do nekoliko hiljada pikofarada ili više.

Na slici 4.14 je povezano deset dioda i deset kondenzatora pa je jednosmerni napon između tačaka A i B jednak $9U_m$, a između tačaka C i D je $10U_m$. Dodavanjem još jednog kondenzatora i jedne diode, naponi postaju veći za još $2U_m$, dodavanjem još jednog C i D, naponi postaju veći za još $2U_m$, itd. Na primer, ako je sekundarni napon $U_s$=200V, tada je njegova maksimalna vrednost $U_m$=1,41·200= 282V, pa može da se koristi dioda 1N4005, čiji je inverzni napon 600 V i kondenzatori čiji je radni napon veći od 564 V, recimo kondenzatori za 630 V. Sa ukupno deset kondenzatora i deset dioda između tačaka C i D dobija se jednosmerni napon od čak 2820 V.

Pri praktičnoj realizaciji ispravljača treba voditi računa da tačke A i B odnosno C i D budu dovoljno udaljene, da ne bi došlo do skakanja varnice između njih.




*Slika 4.14. Ispravljač sa umnožačem napona*

## *4.13.3. Ispravljač za male bušilice*

Ovaj ispravljač (sl.4.15) je namenjen za napajanje malih električnih bušilica kojima se buše rupe na štampanim pločama i obavljaju slični poslovi. Po teoriji, broj obrtaja u minuti ovih bušilica zavisi od veličine jednosmernog napona kojim se napajaju. Ali, u praksi, pri većem opterećenju, bušilica vuče veću struju iz ispravljača pa dolazi do povećanja pada napona na unutrašnjoj otpornosti bušilice i do smanjenja broja obrtaja.

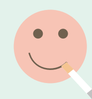
Rešenje ovog problema je ispravljač koji pri povećanju struje, povećava i izlazni napon. Takav je ispravljač na slici 4.15. Izlazni napon pri kome se ostvaruje potreban broj obrtaja bušilice, podešava se pomoću potenciometra P2. Pri povećavanju izlazne struje, odnos struje kroz kolo 317 i struje kroz tranzistor T1 je sve bliža odnosu R1/R2. Zbog toga, kola koja štite 317 od preopterećenja i pregrevanja štite i tranzistor T1. Čim struja kroz R2 pređe neku unapred zadatu vrednosr, tranzistor T2 počne da provodi struju. Kolektorska struja ovog tranzistora je bazna struja tranzistora T3 pa i on počne da provodi. Tranzistor T3 je, kao što se vidi, zajedno sa R6, u paraleli sa otpornikom R5, pa se ukupna otpornost između nožica 3 i 2 kola 317 smanjuje. To dovodi do povećanja izlaznog napona integrisanog kola, čime se nadoknađuje pad napona na unutrašnjoj otpornosti motora bušilice. Trenutak u kome ova akcija počinje, ili tačnije, veličina struje pri kojoj akcija počinje, se definiše pomoću potenciometra P1. Ta mogućnost definisanja početka akcije omogućuje da se ispravljač koristi za različite vrste jednosmernih motora.

Otpornik R9 (nekoliko kilooma), koji je obeležen zvezdicom, se dodaje prema potrebi, tako da otpornost između nožica 3 i 2 bude približno dvadest puta veća od otpornosti između nožice 2 i negativnog kraja ispravljača.

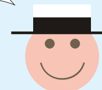
Napon na sekundaru mrežnog transformatora treba da je oko 18 V, a struja sekundara oko 8 A. Ako se ispravljač koristi za vrlo male motore, sekundarna struja može da bude manja a tada i Grec može da bude za manju struju. Orijentaciono, struja sekundara treba da je oko 1,5 puta veća od struje motora. U tom slučaju transformator ima veću snagu nego što je potrebno, čime se postiže da je uređaj pouzdaniji i manje podložan kvarovima.

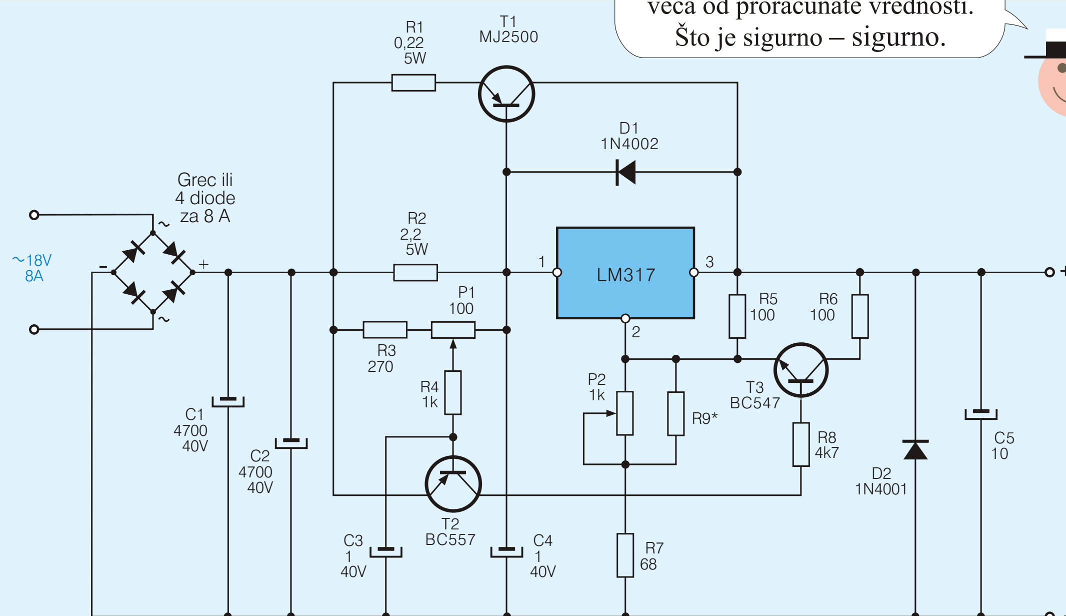
Snažan tranzistor MJ2500 je u istom kućištu (TO-3) i ima isti raspored nožica kao 2N3055 (sl. 4.7-b). On se montira na hladnjak kao što je prikazano na slici 4.7-c i sa tri što kraće žice povezuje sa štampanom pločicom na kojoj su ostale komponente.

* Sigurno je od koristi ako se šemi dodaju još dva kondenzatora. To treba da budu minijaturni keramički kondenzatori kapacitivnosti 100 nF. Oba se leme sa donje strane štampane pločice, jednim krajem direktno na nožicu 1 odnosno 2, a drugim za najbližu bakarnu liniju spojenu sa negativnim krajem ispravljača. Njihova uloga je da spreče eventualno oscilovanje kola 317.



Snaga mrežnog transformatora u svim ispravljačima treba da je, makar za 20%, veća od proračunate vrednosti. Što je sigurno – sigurno.



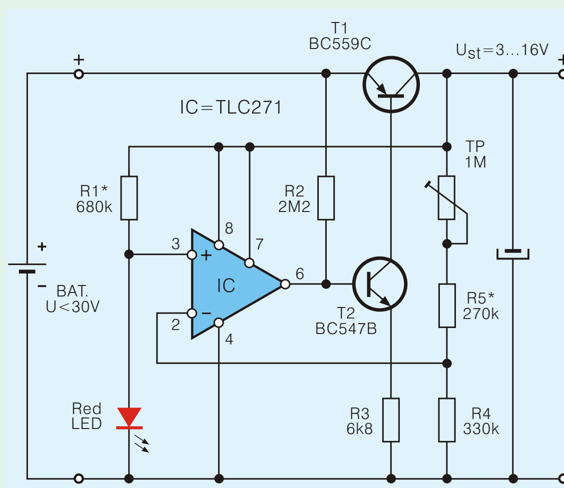



*Slika 4.15. Ispravljač za male bušilice i slične uređaje*

## 4.13.4. Stabilizator sa vrlo malim gubicima

Kod svih do do sada opisanih stabilizatora postoji veći ili manji gubitak energije u otpornicima i poluprovodnicima. Ali, ekonomski posmatrano, ta energija je vrlo mala i nema skoro nikakvog uticaja na ukupni trošak. Medjutim, postoje situacije kada je veoma poželjno da ti gubici budu što manji. Najlepši primer za to su alarmni uređaji koji se napajaju iz akumulatora. Ovi uređaji su stalno uključeni, spremni da prorade kada nastupi alarmantna situacija i za to vreme vuku neku tzv. mirnu struju. Jasno je da je za dug vek akumulatora važno da ta struja bude što manja. U tom smislu je važno da i mirna struja stabilizatora bude što manja.

Električna šema stabilizatora sa vrlo malim gubicima u svim komponentama osim u T1 prikazana je na slici 4.16. To je stabilizator koji se koristi za smanjenje i stabilizaciju napona akumulatora. On ima vrlo stabilan izlazni napon koji može da se podešava u opsegu od 3 V do 16 V, čije komponente vuku vrlo malu struju (sve zajedno manje 30  A). To je struja kojom je opterećen akumulator za vreme dok potrošač ne vuče nikakvu struju.




*Slika 4.16. Stabilizator sa vrlo malim gubicima*

Crvena LED dioda ne svetli, ona je iskorišćena kao zenerova dioda, u stabilizatoru napona koji obrazuje sa R1.

Sa R1=680 k  i R5=270 k , izlazni napon može da se podešava u granicama od 3V do 8 V. Veći izlazni napon, sve do 16 V, se postiže sa većim otpornostima otpornika R5. U tom slučaju treba povećati i otpornost otpornika R1, tako da struja kroz LED diodu bude oko 5  A.

## 4.13.5. Školski ispravljač

Sa tačke gledišta ljudi koji su zaduženi da u nekoj radnoj organizaciji održavaju elektronske uređaje, najbolji ispravljač je onaj koji se najređe kvari. Najčešće se kvare ispravljači koje koriste početnici, pogotovo ako su ovi i zainteresovani da se ispravljači pokvare, kao što su, na primer, učenici elektrotehničkih škola dok rade laboratorijske vežbe. Nema tog jednostavnog ispravljača kome oni ne mogu da pronađu slabu tačku i da ga vrlo brzo "spale".

Tako je bilo i u ETŠ Nikola Tesla" dok laborant, Siniša Milisavljević, nije napravio ispravljač sa slike 4.17. Kao što se vidi, na red sa snažnim tranzistorom BD135 vezana je sijalica 4 W/24 V, koja se koristi u kamionima sa akumulatorom od 24 V. Ova sijalica se ponaša kao PTC otpornik koji ne dozvoljava da struja ispravljača postane veća od 166 mA, a to je struja koju BD235 izdržava bez ikakvih problema. Iz podataka za snagu sijalice (4 W) i njen radni napon (24 V), lako može da se izračuna da je njena otpornost $R=U^2/P = 24^2/4 = 144$ . Ali, to je

otpornost sijalice kada ona svetli punim sjajem, tj. kada je njeno vlakno usijano. Otpornost vlakna u hladnom stanju, dok kroz njega teče struja koja je znatno manja od nominalne struje (0,166 A), je mnogo manja, svega nekoliko oma. Znači, dok đaci koriste ispravljač onako kako treba, sijalica se ponaša kao otpornik vrlo male otpornosti, koji nema uticaja na izlazni napon ispravljača. Ali čim neko počne da "proverava" kako ispravljač reaguje na kratak spoj izlaznih priključaka, sijalica bljesne, njena otpornost naglo poraste i ispravljač ostaje čitav. Sijalicu je moguće montirati tako da njeno paljenje bude vidljivo svima u laboratoriji, naročito prisutnom nastavniku i skrene pažnju na "znatiželjnog naučnika".

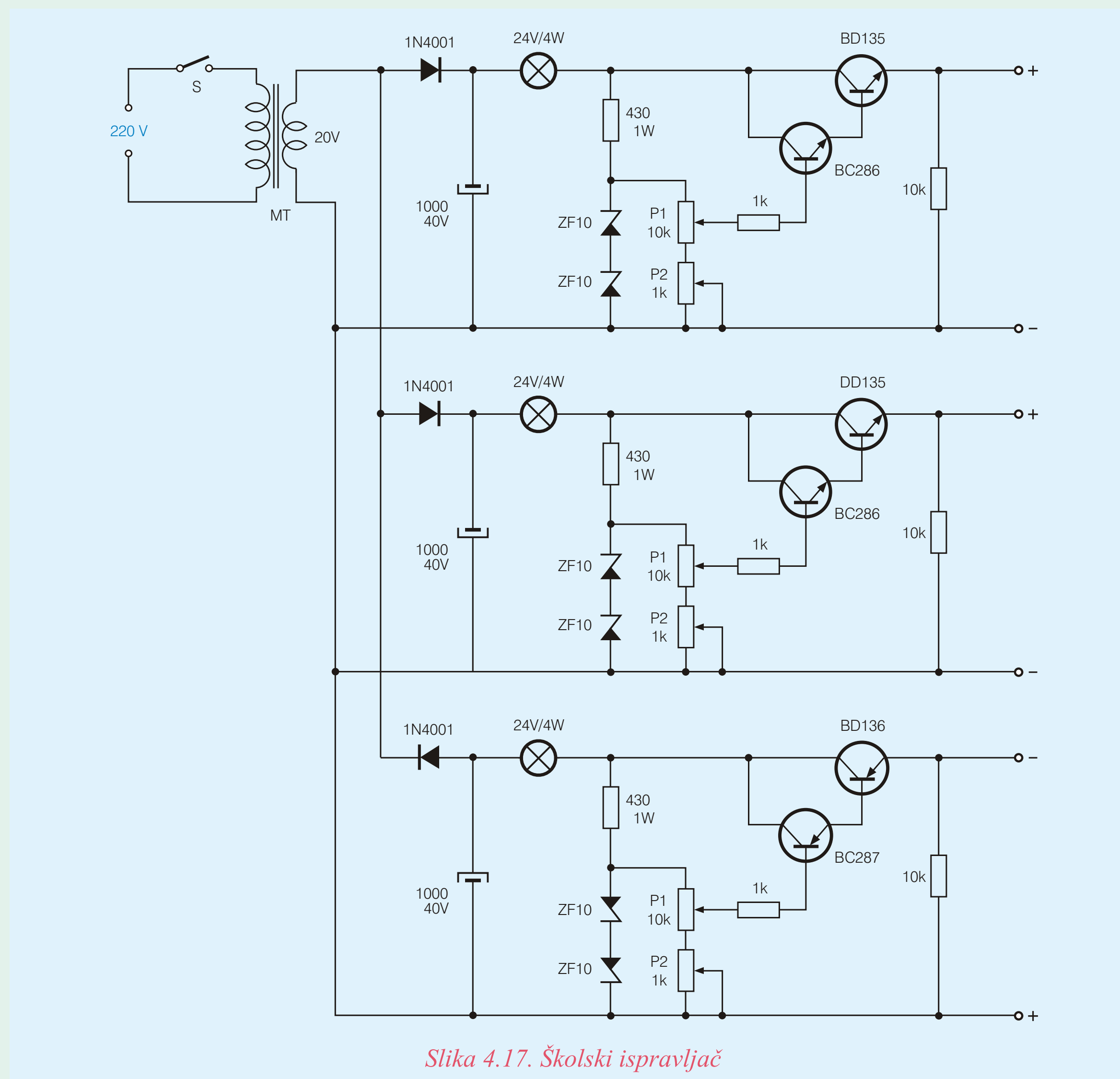
* Prva dva ispravljača daju jednosmerne napone koji su pozitivni u odnosu na masu, a treći daje napon koji je negativan u odnosu na masu.

* Izlazni napon može da se, pomoću potenciometra P1, podesi na bilo koju vrednost u opsegu od nule do 18 V.

* Potenciometrom P2 se vrši vrlo precizno podešavanje izlaznog napona na potrebnu vrednost.

* Za veće struje treba koristiti sijalice većih snaga.

* Tranzistori BC286 i BC287 se više ne proizvode ali umesto njih mogu da se koriste bilo koji tranzistori srednje snage. Takvi su, na primer, BC211 (NPN) i BC161 (PNP).




*Slika 4.17. Školski ispravljač*

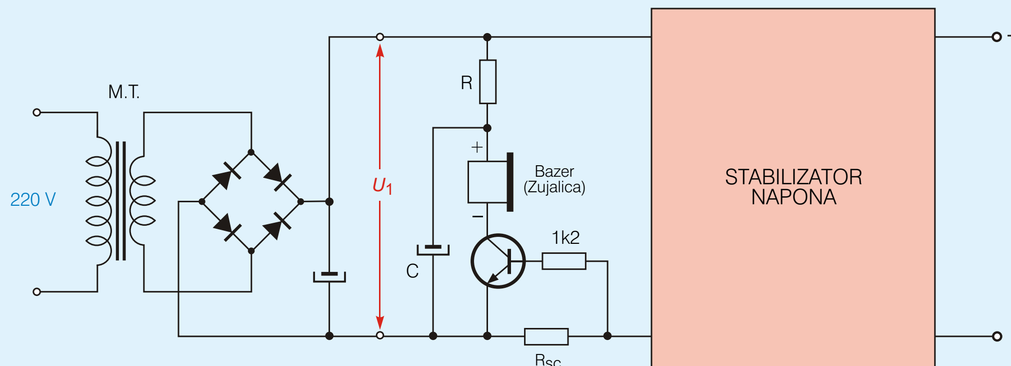
## 4.13.6. Ispravljač sa zvučnom indikacijom preopterećenja

U ovom ispravljaču, čija je električna šema na slici 4.17, može da se koristi bilo koji od ranije opisanih stabilizatora jednosmernog napona.

Kao što je već objašnjeno, struja potrošača protiče kroz otpornik $R_{SC}$, i kada pad napona na ovom otporniku postane veći od 0,7 V, tranzistor T1 počne da provodi, bazer svira upozoravajući da je struja porasla iznad zadate vrednosti.

Otpornost i snaga otpornika $R_{SC}$ se računaju po obrascima iz poglavlja 3.4.

Otpornik R i kondenzator C se koriste samo ako je napon $U_1$ veći od maksimalnog dozvoljenog napona napajanja bazera. Veličine otpornosti i kapacitivnosti se nalaze eksperimentom. Usvojite da je C=100 F i R=2 kilooma. Ako bazer ne radi, probajte sa sve manjim otpornostima, dok ne prosvira.



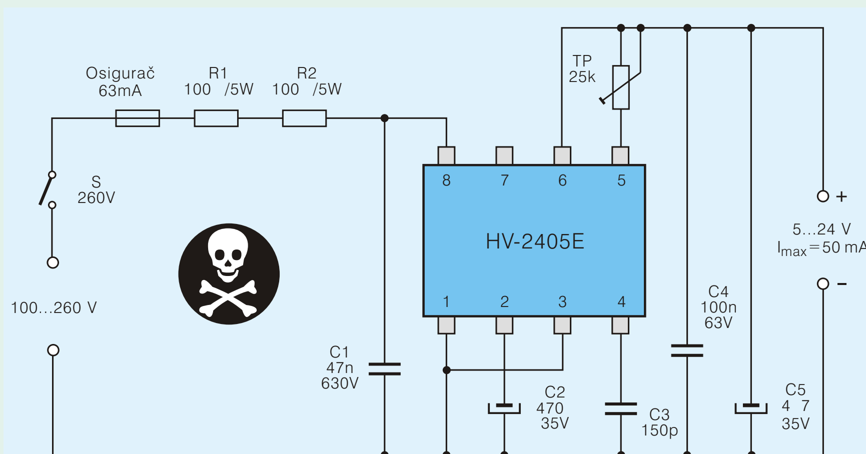

*Slika 4.18. Stabilisani ispravljač sa zvučnom indikacijom preopterećenja*

## *4.13.7. Ispravljači bez mrežnog transformatora*

U svim do sada opisanim ispravljačima korišćen je mrežni transformator. Dobra strana takvog rešenja je u tome što su na taj način sve komponente ispravljača vrlo pouzdano odvojene od mrežnog napona od 220 V. Ako se, kao što je već preporučeno, za priključivanje primara na mrežu koristi fabrički izrađen utikač sa gajtanom, a mrežni transformator, prekidač i kućište osigurača montiraju što dalje od štampane pločice, onda neke sitnije intervencije na ispravljaču mogu da se vrše i pri uključenom ispravljaču. Naravno, i tada treba biti veoma oprezan, jer je napon od 220 V opasan po život.

Ali, kada je potrebno da se napravi ispravljač malih dimenzija i male težine, takvi su, na primer, ispravljači za mobilne telefone, transformator, zbog svoje relativno velike težine i dimenzija, predstavlja problem. Rešenje, koje se odavno koristi u televizorima, je VF transformator sa feritnim jezgrom koji se koristi u ispravljaču koji radi u impulsnom režimu. Na žalost, takve transformatore je teško nabaviti po pristupačnoj ceni, a ispravljač je znatno komplikovaniji od ispravljača sa mrežnim transformatorom.

Rešenje, za sada samo za relativno male struje potrošača, ipak postoji. To je ispravljač sa integrisanim kolom na koje se direktno, bez transformatora, dovodi mrežni napon. Električna šema takvog jednog ispravljača sa integrisanim kolom HV-2405E prikazana je na slici 4.19.

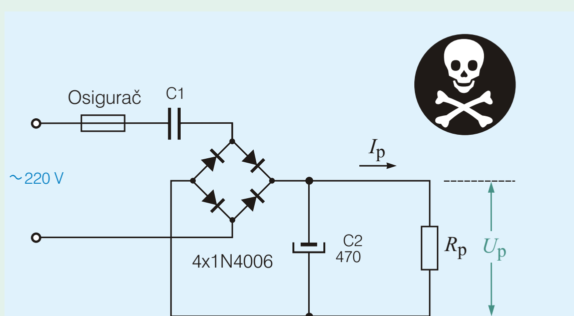



Pazite!
Ako je na ulazu napon od 220 V, sve komponente u ulaznom delu ovog ispravljača su pod naponom čija je amplituda
311,12698 V.



*Slika 4.19. Ispravljač bez mrežnog transformatora*

Ispravljač bez mrežnog transformatora može da se napravi i po šemi na slici 4.20. Ali, to je uređaj koji je opasan i za korisnike i za elektronske uređaje koji se iz njega napajaju električnom energijom, pa autor savetuje čitaocima, naročito mlađim, da ga NE koriste. U izradu i upotrebu ovog ispravljača mogu da se upuste samo vrlo iskusni elektroničari, koji tačno znaju šta rade.




*Slika 4.20. Ispravljač bez mrežnog transformatora*

Ovaj ispravljač se pravi isključivo za poznati potrošač, za koji se znaju i napon $U_p$ i struja $I_p$. Kapacitivnost kondenzatora C1 se računa po obrascu:

$$C_1 \quad \frac{I_p}{314(220 \quad U_p)} .$$

Na primer, ako je $U_p$ =12 V i $I_p$=50 mA, kapacitivnost je:

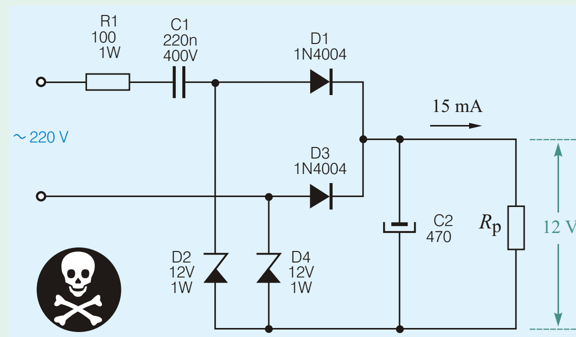
$$C_1 \quad \frac{50 \quad 10^{\quad 3}}{314(220 \quad 12)} \quad 765\ nF .$$

Radni napon ovog kondenzatora mora da bude veći od 500 V, pa usvajamo kondenzator: C1=680nF/630 V.

* Gornji ispravljač ne sme da se uključi u mrežu ako na njegov izlaz nije priključen potrošač za koji je izračunata kapacitivnost C1. U suprotnom, jednosmerni napon na kondenzatoru C2 može da bude čitavih 311 V.

Na slici 4.21 je poboljšana varijanta ispravljača sa slike 4.20, koji se napaja direktno iz električne mreže. I ovde ostvaruje dvostrano usmeravanje, koje se u ovm slučaju zasniva na činjenici da se zenerova dioda, kada je polarisana propusno, ponaša kao obična dioda. Za vreme jedne poluperiode mrežnog napona struja teče kroz D1, opterećenje Rp i D4, dok za vreme sledeće poluperiode teče kroz D3, Rp i D2.

Treba imati u vidu da referentni (nulti) napon opterećenja (donji kraj Rp) nije spojen sa nulom električne mreže pa ova šema ne može da se koristi za pogon trijaka.



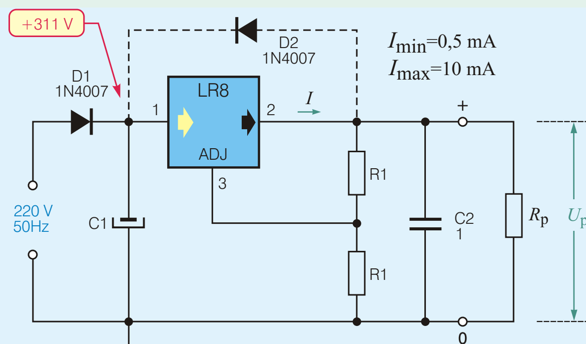

*Slika 4.21. Ispravljač bez mrežnog transformatora*

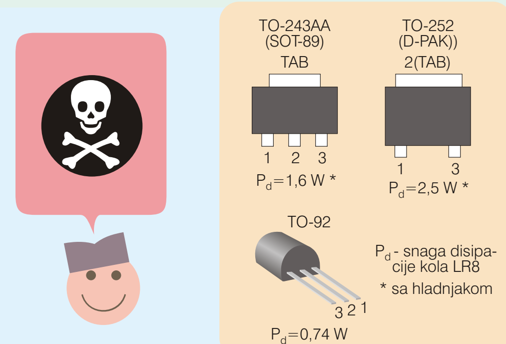
LR8 je stabilizator mapona na čiji ulaz, između nožice 1 i mase, može da se dovede jednosmerni napon veličine od 15 V do 450 V. Za normalan rad kola neophodno je da:

1. napon na nožici 2 (između nje i mase) bude za najmanje 12 V veći od ulaznog napona i

2. izlazna struja $I$ bude veća od 0,5 mA.

Maksimalna izlazna struja kola LR8 je ograničena na $I_{max}$=15 mA, a temperatura ne može da poraste iznad 120°C. Ako temepratura unutar kola dostigne navedenu vrednost izlazni napon i struja se smanjuju i temperatura više ne raste. Dioda D1 se koristi u slučajevima kada postoji opasnost da izlazni napon postane veći od ulaznog.




*Slika 4.22. Ispravljač bez mrežnog transformatora sa kolom LR8*

Veličina kapacitivnosti C1 se računa po obrascu:

$$C1>T\cdot I/(300-U_p),$$

u kome su:

$T$=0,02 kada se koristi jednostrano usmeravanje mrežnog napona, kao na slici 4.22, odnosno T=0,01 kada se koristi dvostrano usmeravanje.

$I$ – struja kroz LR8, koja je jednaka zbiru struje potrošača i struje kroz rednu vezu R1 i R2 i

$U_p$ – napon na potrošaču.

Na primer, u slučaju jednostranog usmeravanja, ako je $I$=15 mA i $U_p$=12 V kapacitivnost treba da je:

$$C1>0,02\cdot 0,015/(300-12)=1\quad F,$$

pa usvajamo kondenzator C1=1  F sa radnim naponom od 380 V.

Veličina izlaznog napona može da se izračuna po obrascu:

$$U_p=1,2\cdot(1+R_2/R_1)+R_2\cdot 10^{-6}.$$

Po ovom obrascu, za potreban $U_p$, pošto se usvoji otpornost jednog od otpornika, može da se izračuna otpornost drugog otpornika. Jednostavnije je da se usvoji otpornost R1 a umesto R2 stavi trimer potenciometar i podesi potrebna vrednost $U_p$. Zatim se potenciometar izvadi, izmeri se otpornost i u kolo stavi otpornik te otpornosti.

Na primer, ako nam je potreban napon $U_p$=12 V, usvojimo R1=9,1 k , pa je

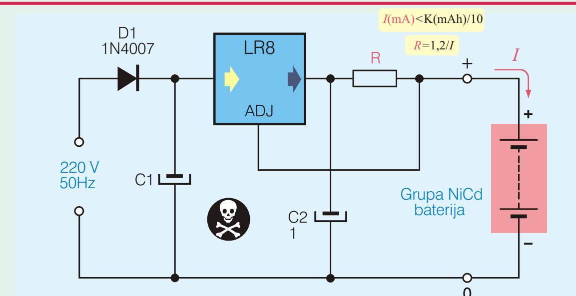
$$R_2=(U_p-1,2)/(1,2/R_1+10^{-6})=81,9\ k\ .$$

Kolo LR8 se proizvodi u tri pakovanja, sa različitim snagama disipacije toplote $P_d$, koja su prikazana u desnom delu slike 4.22. Maksimalna vrednost struje $I$ kroz kolo LR8 je data obrascem:

$$I_{max}=P_d/(311-U_p),$$

s tim što, bez obzira na izračunatu vrednost, struja ne može da bude veća od 15 mA.

Na slici 4.23 je prikazana šema izvora konstantne struje sa kolom LR8. Ako se na izlaz priključi potrošač bilo koje otpornosti, kolo će automatski da podesi veličinu izlaznog napona tako da struja uvek ima istu veličinu, datu obrascem: $I_{const}$=1,2/$R$. Ovakvi izvori se koriste za punjenje baterija koje se pune konstantnom strujom, kao što su NiCd baterije i sl. Naravno, i sada važi ograničenje da ta struja ne može da bude veća od 15 mA, a treba voditi računa i o snazi $P_d$.




*Slika 4.23. Izvor konstantne struje*

## 4.13.8. Stabilisani ispravljač sa senzorom napona na potrošaču

Svi ranije opisani stabilizatori održavaju konstantan izlazni napon bez obzira na veličinu struje potrošača. Ali to se ostvaruje samo ako su provodnici kojima je potrošač priključen na izlaz stabilizatora relativno kratki, tako da je pad napona na njima zanemarljivo mali. Problem se javlja kada ti provodnici nisu kratki, tako da njihova otpornost nije zanemarljiva, pa je napon na potrošaču manji od izlaznog napona stabilizatora i neprekidno se menja kada potrošač vuče struju promenljive jačine. Rešenje problema je u tome da se kontrolni napon vraća sa potrošča preko dva dodatna provodnika. To su senzori. Kroz njih teče vrlo mala struja tako da na njima nema pada napona, pa je vraćeni napon koji kontroliše rad stabilizatora jednak naponu na potrošaču.

Ovo može da se ostvari i kod nekih ranije opisanih stabilizatora ali, nažalost, uz znatno komplikovanje električne šeme. Pravo rešenje je ispravljač u kome se stabilizacija obavlja pomoću kola L200C, čija je električna šema prikazana na slici 4.24. Potrošač otpornosti $R_p$ je povezan sa ispravljačem pomoću dva para provodnika: oni nacrtani crnim linijama su glavni, kroz njih teče struja potrošača, a oni nacrtani crvenim linijama su senzorski provodnici. (Prva dva su spojena sa tačkama A i D a druga dva sa B i C.)

Maksimalni ulazni napon kola L200C je 40 V, a izlazni napon je dat izrazom:

$$U_p=2{,}77\cdot(1+R_{pot}/R_1),$$

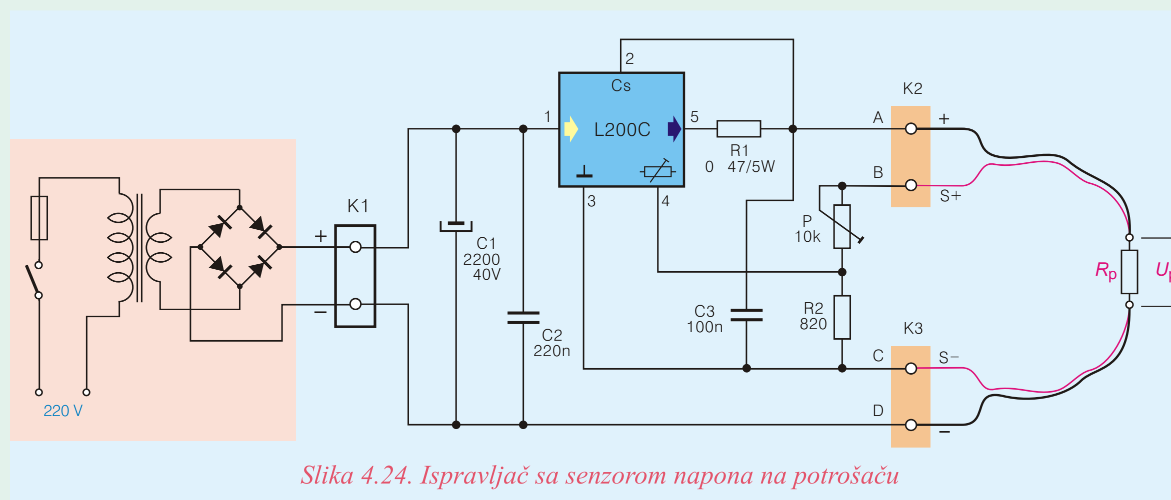
u kome je $R_{pot}$ efektivna otpornost trimer potenciometra. (Na slici, to je otpornost od klizača do gornjeg kraja trimera.)

Otpornik R2 služi za ograničavanje struje. Maksimalna izlazna struja je data obrascem:

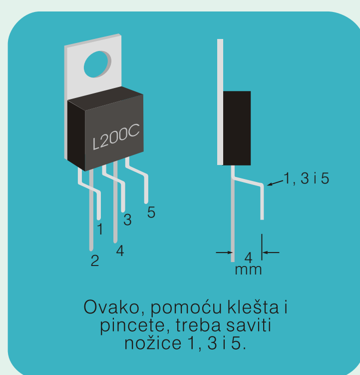
$$I_{pmax}=0{,}45/R_2,$$

što sa $R_2=0{,}47$ daje $I_{pmax}=2$ A.

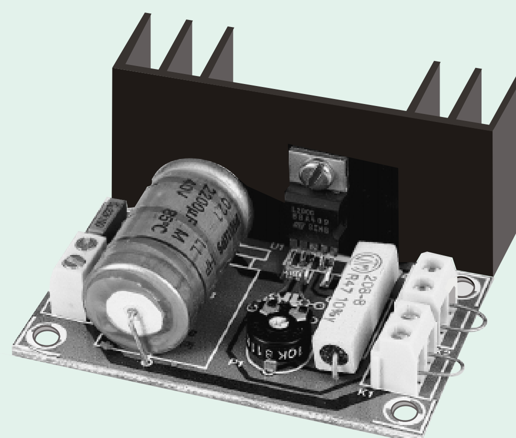
Fotografija ispravljača, bez mrežnog transformatora, prekidača i osigurača i crtež štampanog kola dati su na slici 4.25.

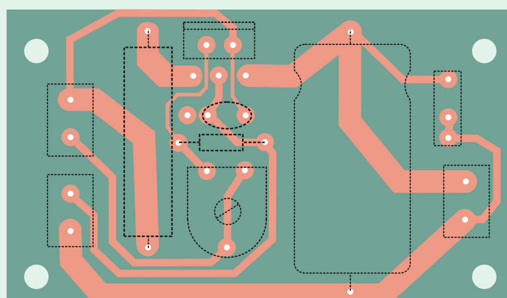


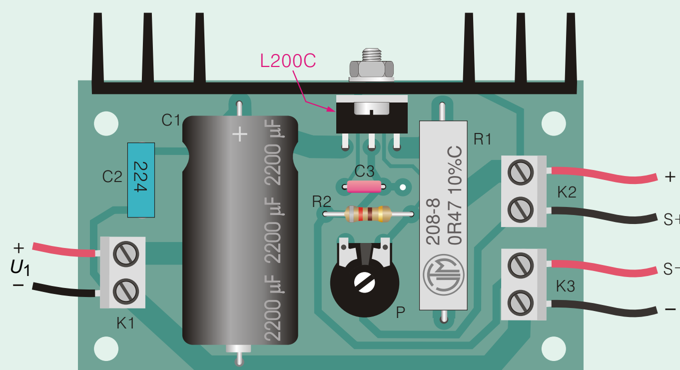

Slika 4.24. Ispravljač sa senzorom napona na potrošaču










Slika 4.25. Fotografija i štampana pločica ispravljača sa slike 4.24

UPS je akronim engleskog izraza *Uninterruptable Power Supply*, što može da se prevede kao *neprekidno napajanje*. To je, zapravo, ispravljač kome su dodati baterija ili akumulator i neki elektronski preklopnik. Ispravljač je priključen na električnu mrežu i, dok je ova u redu, on snabdeva potrošč potrebnom električnom energijom. Ako dođe do "nestanka struje", elektronski preklopnik prebacuje potrošač na baterije i ove nastavljaju da snabdevaju potrošač energijom, sve dok kvar u električnoj mreži ne bude otklonjen. Kad se to desi, preklopnik prebaci potrošač na ispravljač a istovremeno počne da dopunjava baterije.

Uređaj za neprekidno napajanje koji je ovde opisan namenjen je za napajanje bežičnih telefona koji, za razliku od klasičnih telefona, ne mogu da rade ako nema mrežnog napona, ali može da se koristi i u svim drugim sličnim slučajevima kada uređaj ne sme da ostane bez napajanja (alarmi i sl.), a struja i napon su odgovarajući.

Mali kuriozitet ovog uređaja je način na koji je iskorišćen mrežni transformator. To je minijaturni transformator snage 3,3 W, koji, kao što se vidi na slici, ima dva sekundarna namotaja sa naponima od 12 V i strujom od oko 140 mA. Ako bi se koristio samo jedan sekundarni namotaj, napon od 12 V je odgovarajući ali bi struja od samo 140 mA bila nedovoljna. Rešenje bi moglo da bude vezivanje sekundarnih namotaja u paralelu, kao na slici 1.4-d. Napon bi ostao 12 V a struja bi bila 280 mA, i to bi bilo u redu. Problem je u tome što je vezivanje sekundarnih namotaja u paralelu moguće samo ako su oba sekundarna napona istih, ili skori istih, veličina. Ako to nije slučaj, namotaj čiji je napon veći stvara struju kroz drugi namotaj i transformator se zagreva.

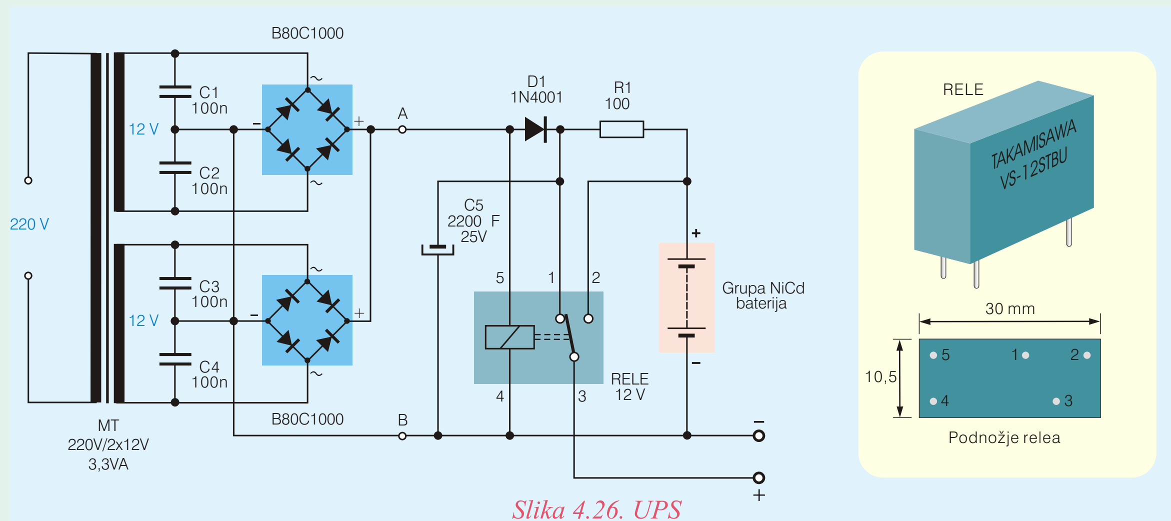
Na slici 4.26, na svaki sekundar je priključen po jedan grecov usmerač. Njihovi izlazni krajevi, pozitivni i negativni su spojeni, pa se usmerači ponašaju kao dva generatora jednosmerne struje koji su vezani u paralelu. Zahvaljujući diodama, ovi genratori ne mogu da stvaraju struju jedan kroz drugi, bez obzira što im naponi nisu jednaki, što je posledica nejedankih sekundarnih napona. Ukupna struja kroz potrošač jednaka je zbiru struja usmerača.

Ovakvo povezivanje usmerača i mrežnog transformatora može da bude korisno ako se ne raspolaže sa grecovim usmeračima za dovoljno veliku struju.

Na slici 4.26 može da se koristi i mrežni transformator sa jednim sekundarnim namotajem. Njegov napon treba da je 12 V, a struja veća od 200 mA. Plus i minus grecovog usmerača se povezuju sa tačkama A i B.

Prema slici 4.26, dok ima mrežnog napona od 220 V, kroz namotaj relea teče struja i preklopnik u releu je u položaju kao na slici. Ostvaren je spoj između tačaka 3 i 1 pa se ispravljeni jednosmerni napon sa kondenzatora C5 vodi na potrošač. Istovremeno, preko otpornika R1, puni se baterija. Kad nestane napona 0d 220 V, nema struje kroz namotaj relea i opruga prebacuje preklopnik u desni položaj. Na releu se ostvaruje veza između nožica 3 i 2 i baterija preuzima na sebe napajanje potrošača.

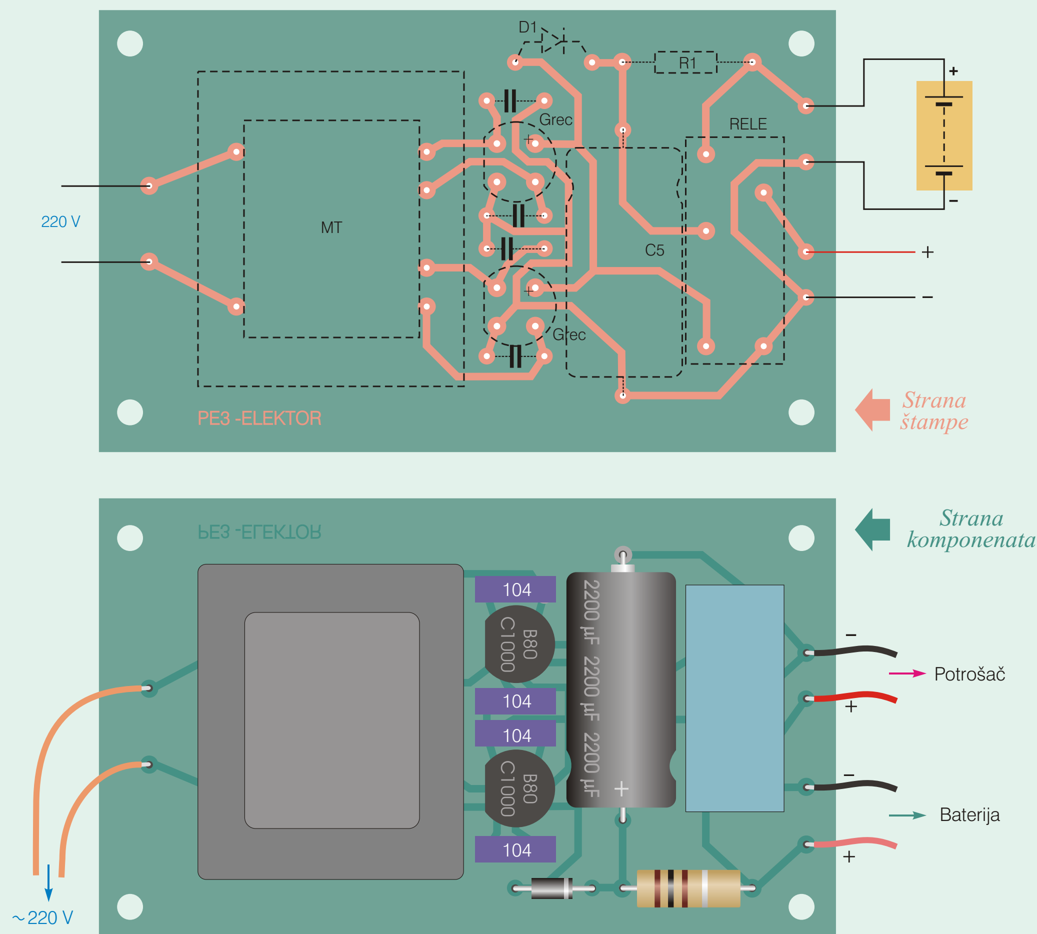
Ovaj ispravljač je konstruisan za napajanje pakovanja od deset NiCd baterija vezanih na red, tako da je ukupni napon 12 V. Struja punjenja ovih baterija treba da je nešto manja od četrdesetog dela njihovog kapaciteta, koji je obično napisan na njima, a izražava se mAh (miliamperčasovima). Tako, na primer, ako je kapacitet baterije 800 mAh, struja punjenja treba da je nešto manja od 20 mA. Potrebna veličina struje punjenja se ostvaruje podešavanjem veličine otpornosti otpornika R1.




*Slika 4.26. UPS*

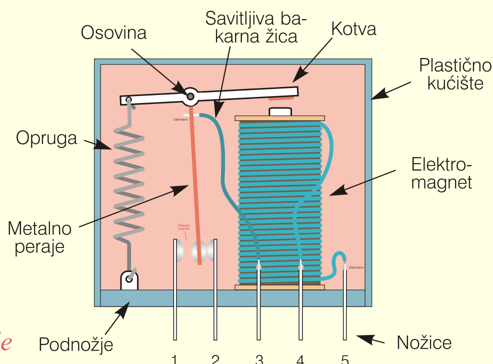
Pri nabavci komponenata, najteža situacija je sa releom. Ovde je iskorišćen rele iz kataloga našeg dobavljača elektronskih komponenata *M&G electronic* sa oznakom VS-12STBU japanske firme TAKAMISAWA. Prema tom katalogu, zamena je rele TRK-3631 slovenačke ISKRE. Naravno, moguće je koristiti i neki drugi minijaturni rele ali tada treba izvršiti odgovarajuće promene na štampanoj ploči.

Štampana pločica je prikazana na slici 4.28. Gore je pogled na stranu štampe a dole na stranu komponenata. Donja slika se dobija kada se gornja okrene odozgo na dole. Pločica je izrađena od kaširanog vitroplasta pa se na donjoj slici vide i bakarne linije, mada se one nalaze sa suprotne strane.




*Slika 4.27. Štampano kolo UPS-a sa slike 4.26*

Na slici 4.28 je prikazana uprošćena slika relea, koja lepo ilustruje princip rada ovog elektromehaničkog uređaja. Kada se na nožice 4 i 5 dovede jednosmerni napon od 12 V kroz elektromagnet teče struja, kotva biva privučena i metalno peraje se pomera iz desnog u levi položaj. Usled toga, električna veza između nožica 3 i 2 se raskida a uspostvlja se između nožica 3 i 1.




*Slika 4.28. Rele*

## 4.13.10. UPS bez relea

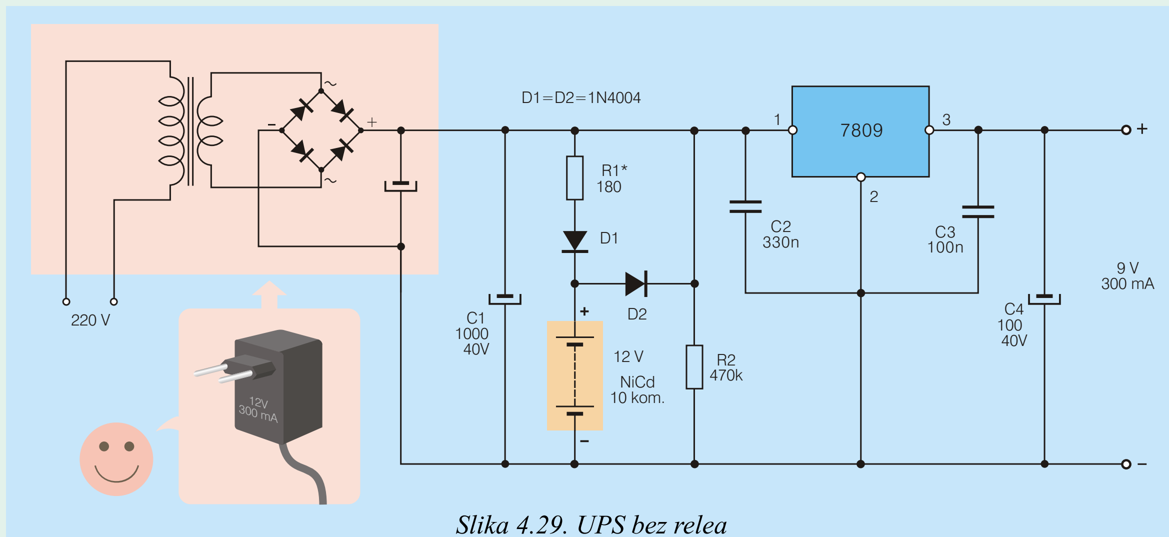
Kao ispravljač u UPS-u na slici 4.29 je iskorišćen jeftini AC adapter, koji se lako nabavlja po vrlo pristupačnoj ceni. Treba kupiti adapter koji ima izlazni napon (jednosmerni) od 12 V i može da daje struju od 300 mA. Ovi adapteri, po pravilu, kada ne daju punu izlaznu struju, imaju veći izlazni napon od naznačenog. U našem slučaju to je oko 15 V i to je, u ovom slučaju dobro.

Moguće je koristiti i adaptere sa većom izlaznom strujom, sve do 1 A, ali tada na stabilizator 7809 treba montirati hladnjak. Za struje do 300 mA, hladnjak nije potreban. Adapter u sebi ima elektrolitski kondenzator pa, u nekim slučajevima, C1 nije potreban. Ipak, treba ga koristiti jer će on, svakako, da poboljša performanse uređaja.

Dok postoji mrežni napon od 220 V, napon na C1 će biti veći od napona na grupi baterija i baterije će da se pune strujom koja teče kroz R1 i D1. Struja teče i kroz 7809 i potrošač priključen na izlaz uređaja. Dioda D2 je polarisana nepropusno i ne provodi struju. Kada "nestane struje", dioda D2 postaje provodna i baterija stvara struju kroz 7809 i potrošač.

Da bi baterije dugo trajale, struja punjenja treba da je jednaka četrdesetom delu njenog kapaciteta. Ako je u kompletu deset baterija sa kapacitetima od po 1100 mAh, struja punjenja treba da bude I=1100/40=27,5 mA. Veličina struje punjenja se podešava menjanjem otpornosti R1. Stavite, za početak, otpornik od 180 i merite voltmetrom napon na njemu. Ako je napon oko 5 V, struja je OK. Ako je znatno veći od 5 V, otpornost R1 povećati. Obrnuto, ako je napon na otporniku manji od 5 V, njegovu otpornost treba smanjiti.

* Struja punjenja baterija ne sme da bude veća od 1/10 njenog kapaciteta. U našem prethodnom primeru, struja ne sme da bude veća od 110 mA. U stvari, struja može da bude veća, tada se baterije brže pune ali im je vek trajanja kraći.



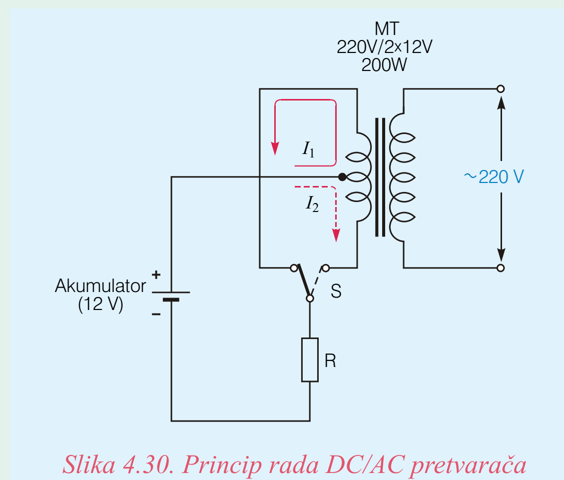

*Slika 4.29. UPS bez relea*

## *4.13.11. DC/AC pretvarač - 12Vjednosmernih u 220 V naizmeničnih*

Devedesetih godina prošlog veka, u vreme onih žalosnih sankcija prema Srbiji, bilo je perioda, naročito tokom zimskih meseci, kada su danima trajale tzv. restrikcije u snabdevanju električnom energijom. Svi potrošači su svrstani u posebne grupe i svaka grupa je tokom dana po četiri sata isključivana iz elektro energetskog sistema. I tako, uveče, dok sedite uz osvetljenje koje daje obična voštana sveća ili petrolejska lampa, shvatite da najkorisniji pronalazak u istoriji elektrotehnike nisu ni radio, ni televizija ni kompjuter već električna sijalica. I, otpočelo je snalaženje. Ljudi su vadili akumulatore iz automobila, prenosili ih u stanove i sa sijalicom snage 40 W, koja se koristi u farovima, dobijali pristojno osvetljenje u jednoj od soba. Ali, koeficijent korisnog dejstva sijalica sa zagrevnim vlaknom je prilično mali, čak nekoliko puta manji od koeficijenta korisnog dejstva fluorescentnih sijalica. Drugačije rečeno, isto osvetljenje pomoću fluorescentnih sijalica može da se dobije sa nekoliko puta manjim utroškom električne energije nego u slučaju običnih sijalica sa zagrevnim vlaknom. Problem je predstavljala činjenica da fluorescentne sijalice ne mogu da rade na jednosmernom naponu od 12 V, koji je jedini bio na raspolaganju. Rešenje je bio pretvarač koji jednosmerni napon od 12 V pretvara u naizmenični napon efektivne vrednosti 220 V. Za njega se često koristi engleski izraz DC/AC pretvarač jer on jednosmernu struju (DC) pretvara u naizmeničnu (AC).

Ostaje nam da se nadamo da Srbija nikada više neće biti pod sankcijama, a da i kod nas, kao i u većini "kulturnih zemalja", u normalnim prilikama, nikada neće biti "nestanka struje" i da zbog toga nećemo morati da pravimo DC/AC pretvarače. Ipak, ovi pretvarači mogu da budu vrlo korisni i u potpuno normalnim uslovima, kada se, na izletu, pecanju, kampovanju pod šatorima itd, ukaže potreba da se na automobilski akumulator priključi fluorescentna svetiljka ili neki drugi električni uređaj koji se napaja iz električne mreže napona 220 V.

Princip rada DC/AC pretvarača opisanog u ovom projektu je ilustrovan slikom 4.30. Sa M.T. je obeležen mrežni transformator za 220 V koji ima sekundar od 24 V sa izvodom na sredini. (Može da se kaže i da ovaj transformator ima dva sekundarna namotaja, sa naponima 12 V, vezanih na red. Uostalom, u praksi je čest slučaj da su ovi zavojci posebni tako da je transformatror upotrebljiviji.) Sa S je obeležen elektronski preklopnik čijim radom upravlja oscilator učestanosti 50 Hz, koji ga neprekidno prebacuje iz jednog u drugi položaj. Jednostavno, ovaj preklopnik 10 ms stoji u levom položaju, pa se prebaci u desni položaj 10 ms, pa se ponovo vrati u levi položaj itd. Usled toga naizmenično teku struje $I_1$ i $I_2$; pedeset puta u sekundi jedna i pedeset puta u sekundi druga. Ove struje su istog oblika pa stvaraju magnetna polja istih jačinau jezgru transformatora . Ali ova polja imaju suprotne smerove i na sekundaru se dobija naizmenični napon: jedna poluperioda dok teče $I_1$, a sledeća dok teče $I_2$. Efektivna vrednost ovog napona je oko 220 V.




*Slika 4.30. Princip rada DC/AC pretvarača*

Električna šema pretvarača je na slici 4.31.

Kolo IC1-A je aktivna komponenta naponskog a IC1-B temperaturnog monitora, koji neprekidno prate rad uređaja i isključuju ga ako se napon akumulatora smanji na ispod 12 V ili temperatura uređaja suviše poraste.

Napon punog akumulatora je znatno veći od 12 V. Kada se napon, pri punom opterećenju, smanji na 12 V to je znak da se akumulator prilično ispraznio. Kada se to desi, naponski monitor (IC1A) prekida rad uređaja. Ako bi se nastavilo sa pražnjenjem, akumulator bi postao nesposoban da pokrene motor automobila. Ali, ako to

*Slika 4.31. Električna šema DC/AC pretvarača sa kolom SG3526N*

nije važno, i želite da pretvarač nastavi da radi, to se ostvaruje promenom otpornost R5 ili R1, tako da do isključena uređaj dolazi pri manjem naponu.

PTC otpornik (R9) upravlja radom temperaturnog komparatora. On određuje temperaturu pri kojoj dolazi do isključivanja uređaja. U prototipu uređaja je korišćen otpornik otpornosti 1 k sa oznakom D901-D60-A40 firme *Epcos,* ali je moguće koristiti i temperaturni prekidač (60 do 80 stepeni Celzijusa) ili temperaturni osigurač za 90 stepeni Celzijusa. U krajnjem slučaju, pod uslovom da koristite dobar hladnjak, umesto R9 može da se koristi i obična žica.

U kolu IC2 je kontrolna logika, oscilator koji stvara napon učestanosti 50 Hz i dva pojačavača snage, njihovi izlazi su na nožicama 13 i 16. Naponi na ovim nožicama su približno četvrtastog oblika, međusobno fazno pomereni za polovinu periode, tako da dok je jedan pozitivan drugi je jednak nuli i obrnuto. Usled toga, tranzistori rade naizmenično, dok jedan provodi drugi je zakočen i obrnuto. Kada provodi T1, to na slici 4.30 odgovara levom položaju preklopnika, a kada provodi T2 desnom.

Mrežni transformator treba (MT) treba da bude torusnog (toroidalnog) tipa, snage 200 W, sa primarnim naponom od 220 V i dva sekundarna navoja sa naponima od 12 V. Od vitalnog je interesa da oba sekundarna napona budu potpuno jednaka i da na ispravan način budu vezana na red. Pre nego što instalirate transformator, priključite na njegov primar mrežni napon od 220 V i izmerite oba sekundrana napona. Oni moraju da budu jednaki. Zatim vežite na red sekundare i izmerite napon između slobodnih krajeva, on treba da je je 24 V, a izvod je tačka u kojoj su dva spojena kraja. Ako to nije slučaj, zamenite mesta krajeva jednog od sekundara pa ponovite merenje.

FET-ovi IRFP054 su za struje do 70 A i napone do 55 V i imaju $R_{D-S(ON)}$=12 m . Moguće je koristiti i neke druge tipove pod uslovom da mogu da izdrže napon od 40 V i struju od 40 A, kao i da je $R_{D-S(ON)}$<50 m .

* $R_{D-S(ON)}$ je otpornost između drejna (D) i Sorsa (S) kada je tranzistor u zasićenju. To je količnik napona zasićenja i struje zasićenja.

Kod mnogih DC/AC pretvarača i obične i halogene sijalice predstavljaju problem jer je njihova otpornost u hladnom stanju mnogo (čak i do deset puta) manja od otpornosti kada se normalno zagreju. Ovaj pretvarač je imun na ovo ali ako, ipak, neće da radi, treba *po malo* povećavati kapacitivnost C6, dok ne proradi.

PAŽNJA !!!
Pri punom opterećenu od 200 W, struja akumulatora je skoro 20 A. Zato u jedan od provodnika akumulatora obavezno ubacite automobilski osigurač od 25 do 30 A.



Štampana pločica je prikazana na slici 4.32: levo je pogled na stranu štampe a desno na stranu komponenata. Desna slika se dobija kada se leva okrene s leva u desno. Radi lakšeg snalaženja, na desnoj slici su prikazane i bakarne linije, koje se vide samo ako je pločica izrađena od vitroplasta.

Na štampanoj ploči postoji i jedna kratkospojnik (KS) desno od otpornika R8. To mora da bude debela žica, prečnika oko 1,5 mm. Delovi bakarnih linija kroz koje teku velike struje su maksimalno prošireni ali to nije dovoljno da bi oni mogli da izdrže te struje. Njih treba kalajisati, odnosno na njih treba naneti sloj kalaja. To se radi tako što se vrh neke malo snažnije (oko 25 W) lemilice nasloni na bakarnu površinu, tako da se ona zagreje i vrh tinol žice gura nadole uz vrh lemilice tako da se kalaj topi i razliva po površini.

Preporučljivo je da se prvo montiraju i zaleme muški delovi kontaktnih klema(utikači) koje su označene sa K1, K2...K6. Sličnii utikači i utičnice se koriste u automobilima, recimo za priključivanje sirene, sijalica u farovima i sl. Utikači u ovom pretvaraču su malo specifični jer muški deo treba da ima nožice koje omogućiju montažu na štampanu pločicu. Provodnici kojima se sa pločicom povezuju krajevi sekundara i provodnici povezani sa akumulatorom treba da budu od licnaste žice, da imaju presek od najmanje 1,5 mm² i da su izoloani PVC izolacijom. Ako ne posedujete kontakte K1, K2...K6, izbušite malo veće rupe (oko 2 mm) na pločici, provucite blankirane i kalajisane krajeve žica kroz njih i zalemite ih sa dosta kalaja, kao na slici 4.34.

Otpornik $R_8$=0,01 , snage 5 W ili veće, treba montirati tako da bude malo izdignut iznad pločice, čime se obezbeđuje bolje hlađenje.

Pri montaži tranzistora na hladnjak moraju da se koriste liskunski podmetači, kojima se tranzistori, u električnom pogledu, izoluju od hladnjaka, a time i između sebe.

Za montažu blok kondenzatora postoje tri rupice, što omogućuje montažu kondenzatora kod kojih je rastojanje između nožica 2R kao i kondenzatora sa rastojanjem od 3R.

Kondenzator C8 je blok kondenzator, pa, pošto ima prilično veliku kapacitivnost i radni napon, ima i prilično velike dimenzije.

Montažu tranzistora na hladnjake treba izvesti kao na slici 4.33, s tim što nikako ne treba zaboraviti i liskunske podmetače, zajedno sa plastičnim distancerima koji obezbeđuju da zavrtnji ne dodirnu hladnjak.

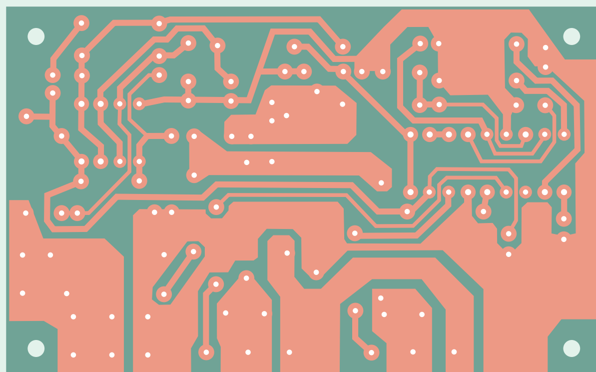
Crtež kompletnog uređaja, bez transformatora i akumulatora, dat je na slici 4.34. Provodnici kojima se pločica povezuje sa akumulatorom i transformatorom su zalemljeni na odgovarajuća mesta na pločici, nisu korišćeni nikakvi utikači i utičnice. K1, K2...K6 služe samo kao oznake.

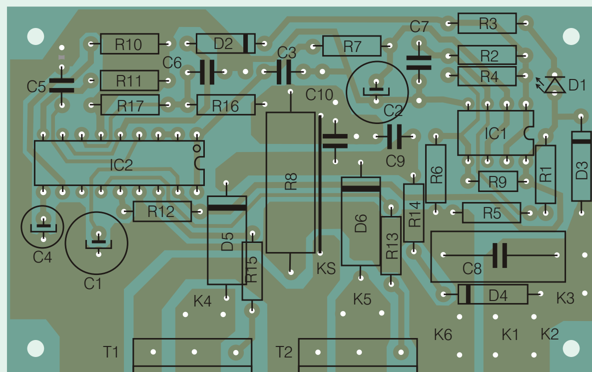
Provera i puštanje u rad

Bez priključenog transformatora, povežite pločicu na neki ispravljač, plus na K1 minus na K6. Podesite napon ispravljča na 14 V, dioda D1 ne sme da svetli. Smanjujte napon i kad on postane približno 12 V, napon na nožici 1 kola IC1A treba da se smanji na vrednost nešto manju od VREF=5V i dioda se pali, a kolo IC2 prestaje da radi. Na sličan način proverite i temepreturni monitor. Vratite napon ispravljača na 16 V. Zagrevajte vrhom lemilici PTC. Njegova otpornost se povećava, napon na nožici 5 kola IC1B se smanjuje i kad postane manji od UREF, dioda se pali. Sa monitorima je sve u redu.

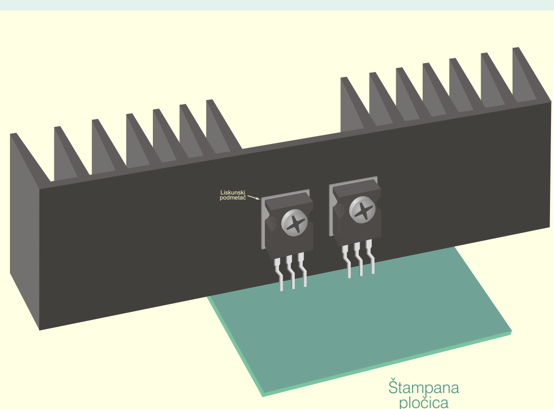
Ostavite PTC da se ohladi i da se dioda ugasi. (Ako vam se žuri, ovlažie vrh prsta i prislonite ga na PTC.) Proverite kolo IC2. Izmerite, pomoću multimetra, napone na nožicama 13 i 16. Trebalo bi da budu oko jedne polovine napona ispravljača. (Ako imate osciloskop, ova dva napona treba da budu četvrtastog oblika, sa odnosom Mark/Space oko 48%.)

Ako je sve kako treba da bude, priključite i mrežni transformator. Uključite ispravljač i izmerite naizmenični napon na sekundaru transformatora. Trebalo bi da je veći od 200 V. Priključite na sekundar sijalicu snage nekoliko desetina vati. Ako se ne upali posle nekoliko sekundi, izmerite napona na nožici 8 kola IC2. Ako je manji od 5 V, povećajte ga malom promenom kapacitivnosti CT.






*Slika 4.32. Štampana pločica DC/AC pretvarača sa slike 4.31: levo pogled sa strane bakra, desno pogled sa strane komponenata*

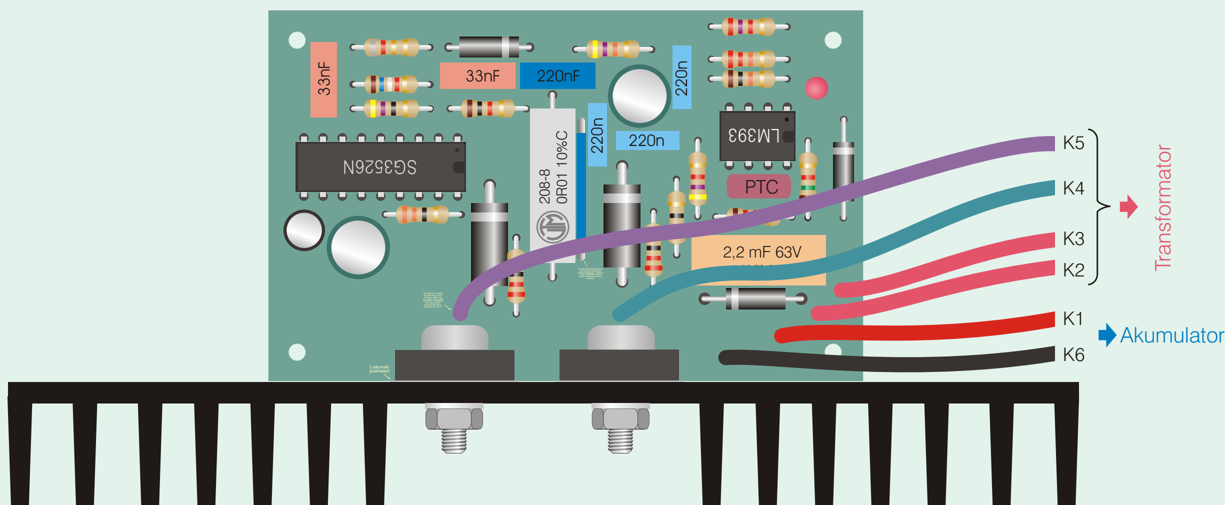



*Slika 4.33. Montaža tranzistora na hladnjak.*

Normalna je stvar da transformator kada nije opterećen stvara malo veću buku nego što se očekuje kada se normalno koristi. To je posledica činjenice da se na njega dovode pravougaoni a ne sinusni naponi. Vrlo ružan zvuk koji stvara transformator je znak da je došlo do zasićenja jezgra. Posmatranjem struje, na otporniku R8, treba se uveriti da struja nije testerastog oblika. Ako jeste, broj namotaja na sekundarima transformatora treba malo povećati, što nije teško kod torusnih transformatora velikih snaga. Ako to nije moguće, alternativa je da se malo poveća učestanost oscilatora, recimo na 55 Hz, što u većini slučajeva nema značajnog uticaja na rad potrošča. Povećanje se ostvaruje vrlo malim smanjenjem otpornosti R11.

Izlazni napon nije potpuno konstanatan, njegova veličina zavisi i od snage potrošača i od napona akumulatora ($U_{AKU}$). Rezultati merenja, sa sijalicom snage 150 W, dati su u tabeli:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{AKU}$ | 14,0 | 13,5 | 13,0 | 12,5 | 12,0 | 11,5 | $V_{DC}$ |
| $U_{IZL}$ | 230 | 223 | 214 | 202 | 195 | 182 | $V_{AC}$ |




*Slika 4.34. DC/AC pretvarač sa slike 4.31, bez transformatora i akumulatora*

## 4.13.12. Simetričan/nesimetričan ispravljač

Vrlo korisna mera predostrožnosti pri prvom uključivanju nekog sagrađenog elektronskog uređaja je da se njegov ispravljač isključi, a na uređaj priključi poseban ispravljač sa izlaznim naponom podešenim na minimum. U jedan od vodova ovog ispravljača se priključi multimetar sa preklopnikom u položaju za merenje jednosmerne struje, kojim se proveri da li struja nije veća od očekivane vrednosti. Vrhom prsta se dodirnu tranzistori, otpornici i ostale komponente kroz koje teku jednosmerne struje i uveri se da se ove ne zagrevaju, kao i da se u uređaju ne dešava nešto neobično (varničenje, topljenje izolacije, dim i sl.) Zatim se napon ispravljača pažljivo povećava do vrednosti koju ima ugrađeni ispravljač uz neprekidnu kontrolu struje, temperature komponenata itd. Kada se uverite da je sve u redu, otkačite spoljni ispravljač i uključite ugrađeni. Uređaj je spreman za normalnu upotrebu.

Ova provera je naročito korisna kada su u pitanju audio pojačavači i slični uređaji velikih snaga. Njihovi ispravljači su sposobni da daju velike struje pa, ako u uređaju postoji neka greška, pri uključivanju može da dođe do spektakularnih pregorevanja tranzistora i drugih komponenata.

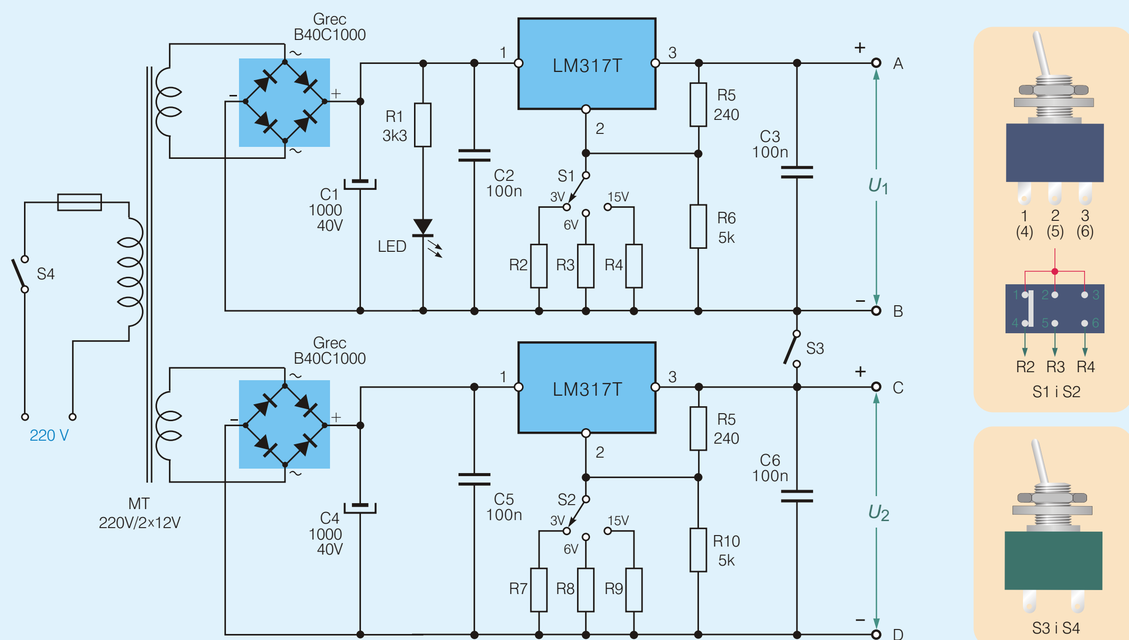
Snažni audio pojačavači, skoro po pravilu, imaju simetrično napajanje, pa za njihovo probno uključivanje može da bude koristan ispravljač sa slike 4.35, koji može da se podesi na: +3V/0/-3V, +6V/0/-6V i +15V/0/-15V. Ove vrednosti, ako vam ne odgovaraju, mogu da se vrlo lako promene korišćenjem otpornika drugačijih otpornosti, o čemu će kasnije biti reči.

Ispravljač se sastoji od dva ista stabilisana ispravljača čiji su grecovi priključeni na dva posebna sekundrna namotaja istog mrežnog transformatora. Oni se, kada je prekidač S3 otvoren, ponašaju kao dva potpuno nezavisna ispravljača koji mogu da se koriste za napajanje dva posebna elektronska uređaja. Izlaz jednog od njih je između tačaka A i B, a drugog između C i D.

Kada je prekidač S3 zatvoren, tada se tačka B (ili C, svejedno) povezuje sa masom uređaja na koji je priključen ispravljač, napon između tačaka A i B je pozitivan ($+U_1$), a između D i B negativan ($U_2 = -U_1$).

Postoji i treća mogućnost, da S3 ostane zatvoren a da izlaz ispravljača bude između tačaka A i D. U tom slučaju izlazni napon je jednak zbiru napona oba ispravljača: $U=U_1+U_2$. Na primer, ako vaše potrebe za simetričnim napajanjem zadovoljavaju ranije navedene vrednosti (+3V/0/-3V, +6V/0/-6V i +15V/0/-15V), pri zatvorenom prekidaču S3, izlazni napon ispravljača, između tačaka A i D, može da se podesi na sledeće vrednosti: 3 V, 6 V, 9 V, 12 V, 18 V, 21 V i 30 V. Plus ispravljača je u tački A, a minus u D.

Promena izlaznih napona oba ispravljača se vrši pomoću preklopnika sa tri položaja. To mogu da budu rotacioni preklopnici ali mogu i prekidači sa tri položaja povezani kao preklopnici. Takav jedan prekidač sa tri para kontakata prikazan je u gornjem desnom delu slike 4.35. Sa ručicom u levom položaju, kao na slici, ostvaren je spoj između nožica 1 i 4, sa ručicom u srednjem položaju između 2 i 5 i sa ručicom u desnom po-




*Slika 4.35. S3 otvoren - dva nezavisna ispravljača, S3 zatvoren -simetričan ispravljač*

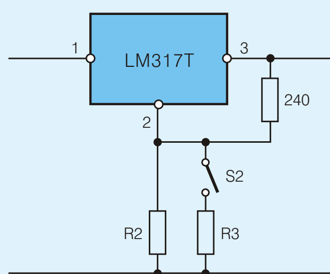
ložaju između 3 i 6. Povezivanjem nožica 1, 2 i 3 dobija se preklopnik.

Otpornosti otpornika R2, R3 i R4, kao i R7, R8 i R9, se nalaze eksperimentom, pomoću potenciometra otpornosti 5 k . Klizač i jedan kraj potenciometra se povežu umesto otpornika i, pomeranjem klizača, podesi potreban izalazni napon. Zatim se potenciometar izvadi iz kola, izmeri mu se otpornost između klizača i upotrebljenog kraja i u kolo stavi otpornik tolike otpornosti.

Izgled dela prednje strane kutije u koju je smešten ispravljač može da bude kao na slici 4.36.

Korisno je da glavni prekidač (ON-OFF) bude smešten u desnom donjem delu prednje strane kutije i da se isključuje pritiskom nadole, a da sam ispravljač bude na desnom delu stola. Sve to olakšava da se u nekoj "ne daj Bože" situaciji ispravljač hitro isključi desnom rukom.

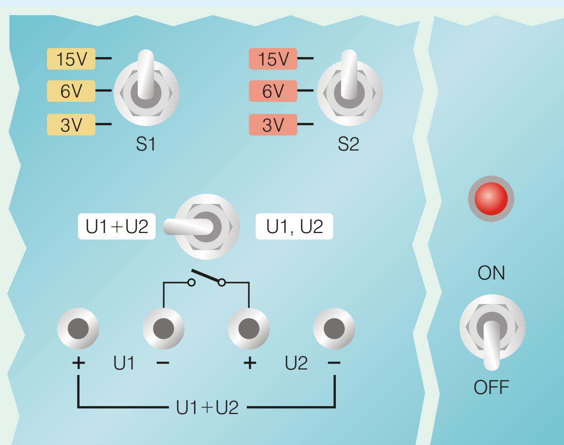
* Umesto preklopnika S1 i S2 mogu da se koriste i obični prekidači, kao S3, ali su tada na raspolaganju samo dve mogućnosti što se tiče simetričnog napajanja, odnosno pet u slučaju nesimetričnog napajanja. Povezivanje se ostvaruje prema slici 4.37.




*Slika 4.37. Menjanje izlaznih napona prekidačem*

* Ako nije potrebno da ispravljači istovremeno rade kao dva nezavisna ispravljača, prekidač S3 može da se izostavi. U tom slučaju treba spojiti tačke A i B i koristiti samo jednu buksnu.

* Postoji jednostavan i vrlo jeftin način da se imitira preklopnik sa proizvoljnim brojem položaja, pomoću pinova i džampera čija je upotreba naročito poznata kompjuterašima. Pinovi (sl. 4.38.a) su dve metalne igle pravougaonog preseka, zatopljene u plastično podnožje, na rastojanju R=2,54 mm. U unutrašnjosti džampera

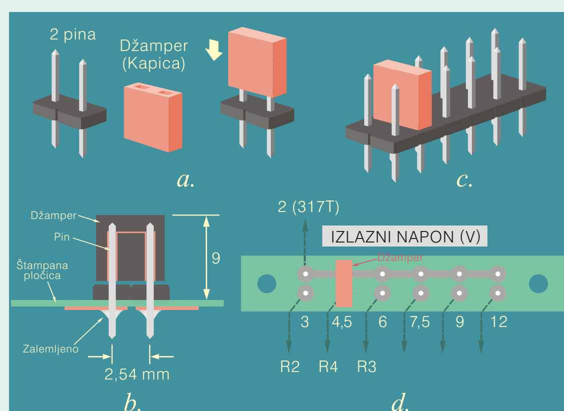



*Slika 4.36. Prednja ploča kutije ispravljača sa slike 4.35*

je elastični metalni deo, pa, kad se džamper natakne na dva pina između njih se ostvari električni spoj (sl.4.38.b).

Prodaju se u obliku plastičnih traka sa većim brojem parova pinova , pa se sečenjem krate na potreban broj. Na slici 4.38.c je prikazan komad sa šest parova pinova. Pinovi koji nisu potrebni se zagreju vrhom lemilice i klještima pažljivo izvuku iz podnožja.

Upotreba pinova i džampera kao preklopnika sa šest položaja prikazana je na slici 4.38.d. Na posebnoj pločici od kaširanog pertinaksa je napravljeno šest parova stopica u koje je zalemljeno šest parova pinova. Gornjih šest se spajaju sa nožicom broj 2 kola 317T, a svaki od




*Slika 4.38. Džamperi i pinovi kao preklopnici*

donjih sa gornjim krajem otpornika R2, R3 ... Prebacivanje preklopnika se vrši premeštanjem džampera. Na slici 4.38.d, izlazni napon je 4,5 V. Pločica se montira na prednjoj strani kutije u kojoj je ispravljač, pomoću dva zavrtnja i dva plastična odstojnika. Naravno, na prednjoj ploči kutije u kojoj je ispravljač, se izbuši i sedam rupa kroz koje prolaze žice koje idu ka glavnoj štampanoj pločici.

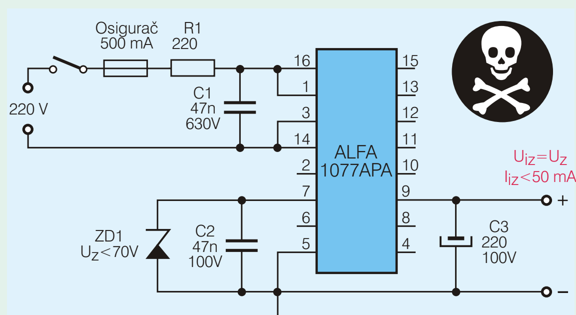
* Dok se preklopnici ili džamper prebacuju iz jednog u drugi položaj, izlazni napon postaje maksimalan. To može da ima loše posledice po potrošač pa, pri svakoj promeni napona, treba isključiti potrošač.

## *4.13.13. Ispravljač bez mrežnog transformatora*

Evo još jednog ispravljača koji se priključuje direktno na mrežni napon od 220 V, koji, ako se izostave prekidač i osigurač, a oni u mnogim praktičnim primenama nisu neophodni, ima samo šest komponenata. To su jedan otpornik, jedna zenerova dioda i tri kondenzatora, povezani sa AC-DC invertorom 10777APA koji proizvodi firma *Alpha Microelectronics,* u kome se nalaze mostni (grecov) ispravljač, elektronski preklopnik i elektronska kola koja regulišu rad preklopnika.

Efektivna vrednost naizmeničnog ulaznog napona može da bude u granicama 18 V pa sve do 276 V, a učestanost u granicama od 48 Hz do 200 Hz. Kao što se vidi, ovo kolo se, bez ikakvih problema priključuje na naš mrežni napon.

Veličina izlaznog jednosmernog napona je jednaka zenerovom naponu diode D1, a njegova maksimalna dozvoljena veličina je 70 V. To znači da se podešavanje izlaznog napona na potrebnu vrednost ostvaruje jednostavnim priključivanjem zenerove diode odgovarajućeg napona.




*Slika 4.39. Ispravljač bez mrežnog transformatora*

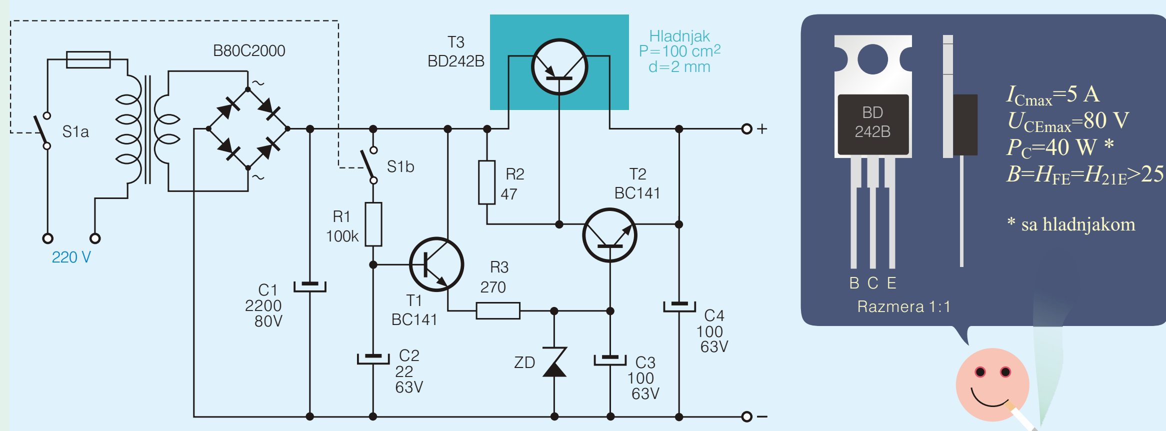
Kao i ranije, znak opasnosti nije nacrtan da bi zaplašio čitaoce, već da upadljivo skrene pažnju na prisustvo mrežnog napona koji, ako niste dovoljno pažljivi, može da bude vrlo o-p-a-s-a-n.

## *4.13.14. Ispravljač sa laganim porastom i padom izlaznog napona*

Ovaj ispravljač je prvenstveno namenjen za napajanje audio pojačavača vrlo velikih izlaznih snaga kod kojih je zvučnik priključen preko elektrolitskog kondenzatora vrlo velike kapacitivnosti (više hiljada mikrofarada). Pri uključenju napajanja kod ovih pojačavača, početna struja punjenja pomenutog kondenzatora je vrlo velika i pošto teče kroz zvučnik može da ga uništi. To se neće desiti ako zvučnik ima dovoljno veliku snagu ali će se čuti kao neprijatan snažan ton, koji zvuči kao kad se pesnicom udari u veliku praznu drvenu kutiju. Ove pojave nema kada se koristi ispravljač o kome je reč jer njegov izlazni napon raste lagano i punu radnu vrednost dostiže posle oko jedne sekunde.

Kod savremenih audio pojačavača velike snage koristi se simetrično napajanje ili veza u tzv. BTL spoju kod kojih se zvučnik priključuje direktno na izlaz pojačavača, bez sprežnog kondenzatora, pa opisani ispravljač izgleda beskoristan. Autor ga je ipak uključio u ovu knjigu za slučaj da neki od čitalaca ipak imaju potrebu za ispravljačem čiji izlazni napon lagano raste i lagano se smanjuje.

Električna šema ispravljača je data na slici 4.40. Ako se izostave S1b, R1, C2 i T1, a levi kraj R3 spoji sa gornjim krajem C1 dobija se stabilizator vrlo sličan stabilizatoru sa slike 2.4. Pomoću nabrojanih komponenata ostvaruje se lagani porast i lagano nestajanje izlaznog napona. Prekidač S1 se sastoji od dva posebna prekidača, S1a i S1b, koji su smešteni u zajedničko kućište i uključuju se i isključuju pomoću iste, zajedničke ručice. Kada se prekidači zatvore, kondenzator




*Slika 4.40. Stabilisani ispravljač sa sporim porastom izlaznog napona*

C1 se vrlo brzo, praktično posmatrano - trenutno, napuni na svoju normalnu vrednost, a, da nema ranije pomenutih komponenata, isto bi bilo i sa naponom na C4.

U svim knjigama piše da kondenzator ima beskonačno veliku otpornost za jednosmernu struju, pa se za nju ponaša kao prekid u kolu. To je tačno samo od trenutka kada se je kondenzator napunio količinom elektriciteta koja je jednaka proizvodu njegove kapacitivnosti i jednosmernog napona između njegovih krajeva. U samom trenutku uključenja napona, prazan kondenzator se ponaša kao kratak spoj, kroz njega teče velika struja koja ga puni i koja se brzo smanjuje, da bi u trenutku kad se kondenzator napuni postala jednaka nuli. Vreme za koje će kondenzator da se napuni je direktno srazmerno proizvodu *RC*, u kome je *C* kapacitivnost kondenzatora, a *R* otpornost otpornika vezanog na red sa kondenzatorom, kroz koji se ovaj puni. Ako otpornik ima veliku otpornost *R* a kondenzator veliku kapacitivnost *C,* vreme za koje će kondenzator da se napuni može da bude vrlo veliko.

Kada se na slici 4.40 zatvore oba prekidača, svi kondenzatori predstavljaju kratak spoj. Zbog toga, baze T1 i T2 su na potencijalu mase i ovi tranzistori ne provode struju. Posledica ovoga je da struju ne provodi ni T3 i izlazni napon je jednak nuli. C1 će vrlo brzo da se napuni jer se puni preko otpornika vrlo male otpornosti koji obrazuju redno vezane otpornosti propusno polarisanih dioda i otpornost žice sekundarnog namotaja transformatora. Kondenzator C2 se puni preko otpornika R1 i napon na njemu raste. Napon na ovom kondenzatoru je napon baze T1 i kada ovaj napon dovoljno poraste T1 počinje da provodi struju. Ova struja puni C3. Napon na C3 je napon na zenerovoj diodi ZD. Kad ovaj napon dostigne zenerov napon diode, porast napona prestaje. Nešto pre toga, a to zavisi od veličine zenerovog napona, kada je napon na njegovoj bazi dovoljno porastao, počeo je da provodi T2 a, zajedno sa njim i T3, pa je počeo da se puni i C4. To znači počeo je da raste i izlazni napon. Kao što se vidi, izlazni napon će dostići svoju normalnu vrednost tek posle nekog vremena koje je srazmerno proizvodu R1 i C2. Sa R1=100 k  i C2 =10  F, izlazni napon dostiže punu vrednost posle oko jedne sekunde. Ovo vreme može da se produži ili skrati povećavanjem ili smanjivanjme otpornosti R1 i/ili kapacitivnosti C2.

* Kada se ispravljač isključi izlazni napon se smanjuje na nulu za oko 5 sekundi. U slučaju da ovo lagano nestajanje napona nije potrebno treba izostaviti S1b i gornji kraj R1 spojiti sa gornjim krajem C1.

* Veličina izlaznog napona je za približno 0,7 V manja od zenerovog napona diode ZD, a podešavanje se ostvaruje izborom odgovarajuće zenerove diode.

* Jednosmerni napon na C1 ne sme da bude veći od 80 V, a treba da je bar za nekoliko volti veći od izlaznog napona. Sa gledišta potiskivanja brujanja, bolje je da je napon na C1 znatno, recimo za 10 V, veći od izlaznog napona ali se tada T3 više greje pa je potreban veći hladnjak. Maksimalna struja T3 je 5 A, a snaga 40 W (sa hladnjakom u obliku ploče od aluminijumskog lima debljine 2 mm površine 100 $cm^2$). Iz ova dva podatka zaključujemo da ako je struja potrošča 5 A, napon na C1 može da bude veći od izlaznog napona za najviše 8 V.

Evo jednog primera. Ako želite da izlazni napon bude 60 V a struja potrošača je 4 A, tada je minimalna vrednost napona na C1 oko 63 V, a maksimalna oko 70 V. Odgovarajuće efektivne vrednosti napona na sekundaru transformatora su 1,41 puta manje.

* Za hlađenje T3 može da se koristi neki od hladnjaka sa slike 4.8.d. U ekstremnoj situaciji može da se ukaže i potreba za hlađenjem T2. To se ostvaruje prstenastim hladnjakom koji se natakne na tranzistor, opisanim u tekstu u vezi sa slikom 4.2-1.

## *4.13.15. Ispravljač sa izlaznim naponom koji "ide" od nule*

Kod svih do sada opisanih ispravljača čiji izlazni napon može da se podešava, a stabilizacija se obavlja pomoću integrisanog stabilizatora, izlazni napon ne može da se podesi na napon manji od neke vrednosti, koja zavisi od vrste stabilizatora. Tako, na primer, izlazni napon stabilizatora sa kolom 317 sa slike 4.6-a ne može da bude manji od 1,25 V, a toliki je kada se klizač potenciometra pomeri u krajnji gornji položaj.

Ovo u većini slučajeva ne predstavlja nedostatak ispravljača jer nema elektronskih uređaja čiji je napon napajanja manji od 1,5 V. Ali, autor ovih redova pretpostavlja da među čitaocima ima i onih koji se bave nekim eksperimentom za koji je potreban izvor jednosmernog napona koji je manji od 1,25 V. Njima je namenjen ispravjač sa slike 4.41. U gornjem delu slike je standardni ispravljač sa kolom 317, sa jednom značajnom razlikom u odnosu na ranije opisane stabilizatore sa ovim kolom: klizač i donji kraj potenciometra za podešavanje veličine izlaznog napona nije spojen sa masom (sa negativnim krajem) ispravljača. Kolo 317 je tako konstruisano da je napon na njegovoj nožici 3 uvek za 1,25 V veći od napona na nožici 2. To znači da ako na nožicu 2 dovedemo napon od –1,25 V, napon nožici 3 će biti 0 V. Negativan napon od –1,25 V se stvara u donjem delu kola na slici, pomoću stabilizatora negativnog napona sa kolom 337.

Kada je klizač potenciometra P u krajnjem gornjem položaju, izlazni napon ispravljača je 0 V. Tako će biti samo ako je minimalni izlazni napon kola 317 potpuno jednak (po apsolutnoj vrednosti) minimalnom izlaznom naponu kola 337. Ako to nije slučaj, a može da se desi zbog pojave rasejavanja karakteristika pri proizvodnji kola, problem se rešava ubacivanjem otpornika R3 ili R4 ili i R3 i R4. Vrednosti otpornosti se nalaze eksperimentom, pomoću trimer potenciometra otpornosti nekoliko stotina oma, na ranije opisani način. Eksperimentisanje je uspešno obavljeno kada se postigne da je izlazni napon jednak nuli kada je klizač potenciometra P u krajnjem gornjem položaju.

* Gornji ispravljač, sa 317, je glavni ispravljač. Kroz njega teče struja potrošača pa, ako

*Slika 4.41. Ispravljač čiji izlazni napon "ide" od nule*

je ta struja veća od nekoliko stotina miliampera, na 317 treba montirati hladnjak. Maksimalna struja potrošača je 1,5 A.

* Hladnjak za 337 nije potreban. Umesto ovog kola može da se koristi i neko jeftinije kolo za stabilizaciju negativnog napona, sa bilo kojom maksimalnom strujom. Moguće je koristiti i neki jednostavniji stabilizator sa zener diodom ili dve silicijumske diode, koji su opisani u poglavlju 2.2 ili stabilizator koji je opisan u poglavlju 2.5.

## 4.13.16. Usavršen jeftin ispravljač

Autor ovih redova je ovakav ispravljač napravio za jednog svog prijatelja, profesora matematike u "Nikoli Tesli", koji voli da uveče, u kasne sate, dok čita ili sprema predavanja, sluša radio. Ali, mada je u dnevnoj sobi u kojoj je on radio, postojao muzički stub sa FM tjunerom izuzetno kvalitetne reprodukcije, on je više voleo da sluša mali prenosni radio-prijemnik koji je kupio od svoje prve plate. To je bio jedan "SONY" sa osam tranzistora koji se napajao iz četiri redno vezane baterije od 1,5 V. Mada je, po profesoru, to bio najbolji radio na svetu, imao je, ipak, i jedan nedostatatk. To su, naravno, bile baterije: malo, malo pa ih treba promeniti. A profesorska plata, kao što znate, mala. Može li, pita on, jednog dana, za vreme velikog odmora, uz kafu, autora ovih redova, onaj moj radio da se priključi na struju. Može, kaže autor. A, može li, nastavlja profesor, malo tišim glasom, da ga ne čuju oni okolo, da bude jeftino. Može, kaže autor. Koliko? Za tebe, cena u dinarima je brojčano jednaka većem rešenju nepotpune kvadratne jednačine $5x^2+12x=0$. Pa to je, "kao iz topa" kaže profesor, nula. Ili ništa, narodski rečeno, dodaje autor.

I bilo je tako, nula dinara, što reče profesor matematike. Naime, u to vreme, a i danas je tako na raznim buvljacima, mogao je da se po vrlo niskoj ceni kupi mali jednostavan ispravljač koji je prikazan u donjem delu slike 4.42. U gornjem delu je njegova električna šema. Kao što se vidi, to je vrlo jednostavan ispravljač čiji izlazni napon može da se menja pomoću preklopnika kojim se bira veličina naizmeničnog napona koji se ispravlja pomoću grecovog usmerača i filtrira pomoću kondenzatora C. Njegov osnovni nedostatak je da jednosmerni napon nije stabilisan i veoma zavisi od veličine struje potrošača: veća struja - manji napon, i obrnuto. Prednost mu je bila u tome što se uz glavne delove ispravljača dobije i lepa mala kutija koju je ne-

*Slika 4.42. Jeftin ispravljač*

*Slika 4.43. Usavršen jeftin ispravljač*

moguće pronaći u prodavnicama. Prepravka se svodi na izbacivanje preklopnika S i mala pomeranja greca i kondenzatora C, tako da se napravi mesta za stabilizator 78XX. U profesorovom slučaju upotrebljen je 7806 ali ćete vi da stavite onaj koji je vama potreban. Umesto preklopnika S treba, pomoću komada žice, ostvariti spoj sa onim izvodom na sekundaru transformatora na kome je napon, *U* na slici 4.42, jednak, ili prvi veći, od napona uporebljenog stabilizatora. Žicu kojom je plus kondenzatora spojen sa dvožilnim gajtanom treba ukloniti.

Minijaturne kondenzatore C1 i C2 treba zalemiti direktno na nožice stabilizatora, kao na crtežu u desnom delu slike 4.43, a na nožice zalemiti tri izolovane žice kojima se stabilizator povezuje sa kondenzatorom C i pozitivnom žicom u gajtanu.

I, pita se neki znatiželjan čitalac, šta je rekao profesor? Rekao je: odlično, nasmejao se i dodao: imaš peticu za kraj godine.

Na kraju, postavlja se i čuveno pitanje profesora književnosti: šta je pisac hteo da kaže. Hteo je da kaže da je ovaj projekat namenjen čitaocima koji imaju neki prenosni uređaj koji "guta" baterije" (vokmen, radio-prijemnik itd.) i koji iz ispravljača vuče struju do nekoliko stotina miliampera, a koriste ga i kod kuće, odnosno na nekom mestu gde im je dostupna utičnica električne mreže.

Znatiželjni čitalac se ponovo javlja: može li za digitalni foto aparat? Autor to nije isprobao, ali smatra da može. Jedina stvar na koju treba obratiti pažnju je napon: izlazni napon ispravljača mora da bude jednak, ili sasvim malo manji, od napona baterije koja se koristi u aparatu.

Meni bi više odgovaralo da taj profesor što noću, dok sprema predavanja, voli da sluša radio, bude onaj ženski Hitler što nam predaje engleski.



Ovaj moj drugar nije normalan. Kad bi ona noću slušala radio, sutra bi nas terala da pevamo na engleskom.

Bolje i pevanje nego pismeni zadatak, gentlemani.



## *4.13.17. Ispravljač sa transformatorom za štampana kola*

U ovom projeketu je detaljno opisana upotreba mrežnog transformatora koji je tako napravljen da može da se montira na štampanu ploču. Ovakav transformator je iskorišćen i u projektu 4.2 (videti sliku 4.2-4) ali tamo nije iskorišćena mogućnost da on bude na štampanoj ploči već je pričvršćen za dno kutije.

Jedan od ovih transformatora je prikazan na slici 4.44. Na slici 4.44a je električna šema, a na ostalim slikama njegov izgled u razmeri 1:1. To je klasičan transformator, sa jezgrom od E i I limova, u novom pakovanju. Kalemsko telo je izliveno od plastike, sa dodatkom na donjoj strani u koji su zatopljene nožice. Sa gornje i donje strane su dodati zaštitni poklopci. Nožice su u dva reda, po sedam u svakom.

Krajevi primara su spojeni sa nožicama broj 13 i broj 9. Sekundar transformatora ima dva

*Slika 4.44. Mrežni transformator za montažu na štampanu ploču: a - simbol, b - izgled, c - pogled sa strane, d - donja strana*

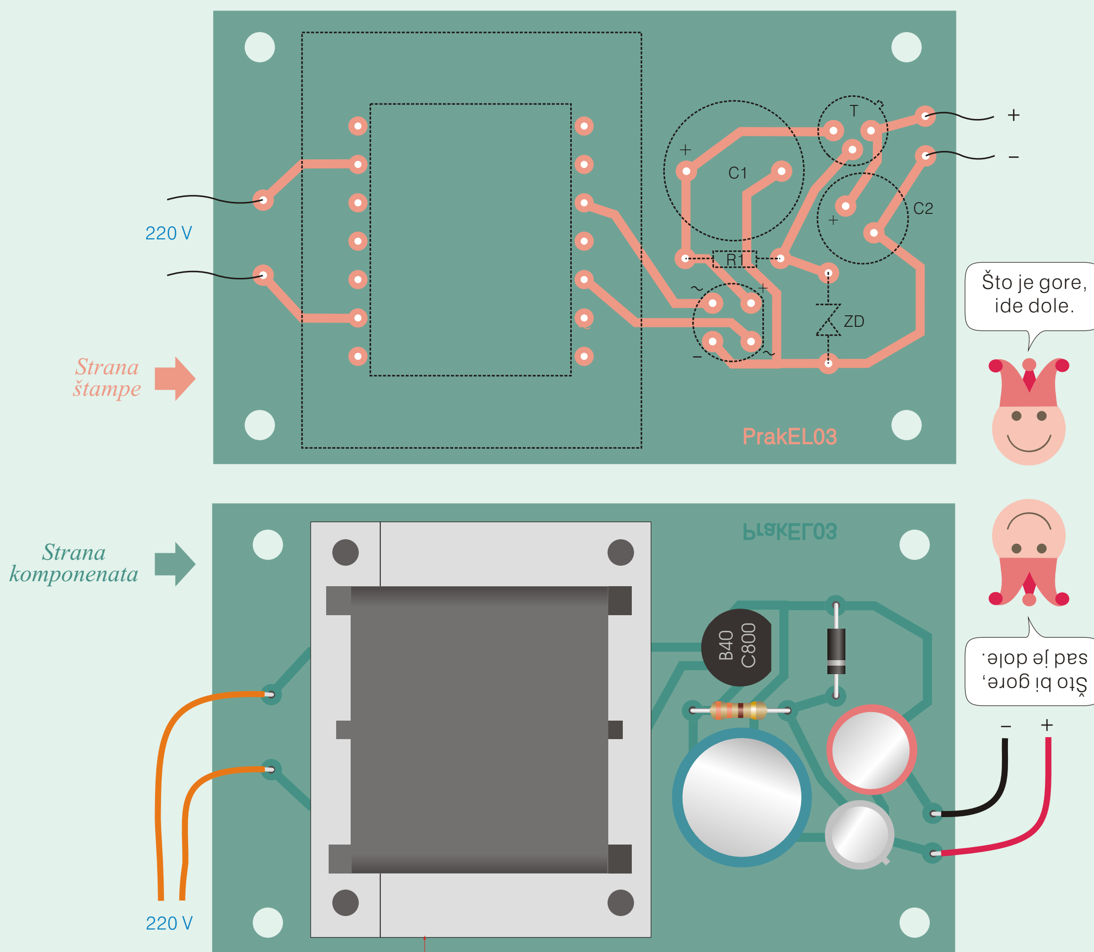
namotaja na čijim je krajevima napon 4,5 V. Početak jednog namotaja je spojen sa nožicom 3, a kraj drugog sa nožicom 5. Kraj prvog i početak drugog su povezani sa nožicom 4, tako da su namotaji vezani na red, pa je napon između nožica 3 i 5 jednak 9 V.

Snaga ovog transformatora je $P$=13 W, pa je maksimalna struja kroz sekundar

$I=P/U$=13/9=1,4 A.

Otpornost žice kojom je namotan primar je $R_p$=240 , a otpornost žice kojom su namotani sekundari su $R_{s1}$=$R_{s2}$=2 .

Štampana pločica je prikazana na slici 4.45. Gore je pogled na stranu štampe, a dole na stranu komponenata. Kao što se vidi i za transformator se prave stopice za nožice kao i za sve druge komponente. Stopice se prave i za nožice koje nisu iskorišćene. Ove nožice mogu ali ne moraju da budu zalemljene. Sve nožice su u rasteru, što znači da su rastojanja između njih, i po vertikali i po horizontali, jednaka proizvodu celog broja i 2,54 mm.




*Slika 4.45. Štampana pločica ispravljača sa slike4.2-1-a: gore - pogled sa strane štampanih veza, dole - pogled sa strane komponenata*

## 4.13.18. Ispravljač sa tri izlazna napona

Ovaj ispravljač je svojevremeno pravljen za razvojni sistem sa Motorolinim mikroprocesorom iz serije M6800 za čije napajanje su bila potrebna tri napona:

+5V pri struji od 2,5 A,
+12 V pri struji od 50 mA i
–5 V pri struji od 50 mA.

Napon od +5 V je korišćen za napajanje mikroprocesora i logičkih TTL kola, a naponi od +12 V i/ili –5 V za napajanje memorija.

Ovi zahtevi su ostvareni korišćenjem samo jednog mrežnog transformatora sa sekundarnim naponom od 6 V, prema šemi na slici 4.46.

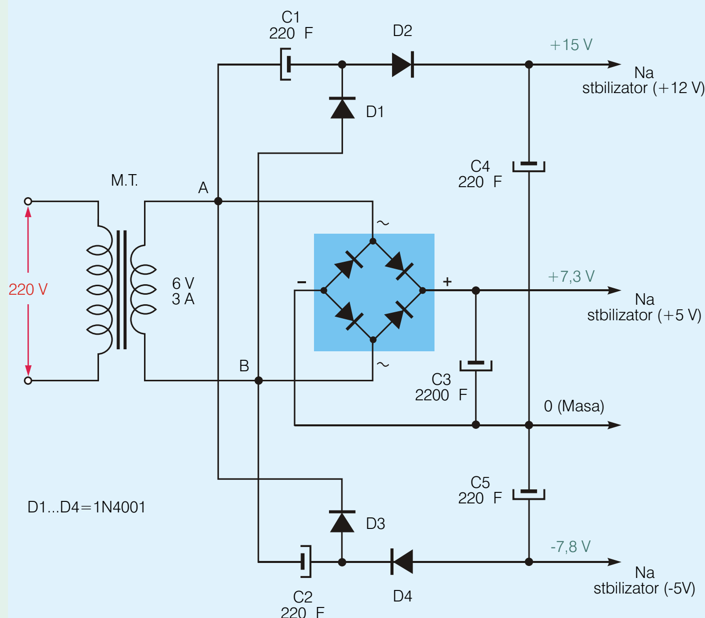
Diode D1 i D2 i kondenzatori C1 i C4 obrazuju udvostručvač napon kojim se dobija jednosmerni napon od +15 V, a diode D3 i D4 i kondenzatori C2 i C5 obrazuju udvostručavač napona kojim se dobija napon od –7,8 V. Napon od +7,3 V se dobija pomoću grecovog usmerača.

Sva tri napona su u odnosu na zajedničku masu i imaju naznačene vrednosti u praznom hodu (bez potrošača).

Stabilisani naponi veličine +5 V, +12 V i –5 V se dobijaju pomoću odgovarajućih integrisanih stabilizatora napona, recimo prva dva sa stabilizatorima iz serije 78XX, a treći sa stabilizatorom 7905. Ovi stabilizatori nisu prikazani na slici.

Uz korišćenje drugačijih stabilizatora moguće je ostvariti i drugačije napone. Povećanje struje ispravljača sa udvostručavanjem napona može da se ostvari korišćenjem kondenzatora većih kapacitivnosti.

Ako je potrebno, povećanje ili smanjenje sva tri nestabilisana napona može da se ostvari upotrebom drugog mrežnog transformatora sa odgovarajućim, većim ili manjim, sekundarnim naponom.




Dubleri napona rade na sledeći način.
Za vreme poluperiode naizmeničnog napona na sekundaru trafoa kada je tačka B pozitivna u odnosu na tačku A, struja teče od tačke B kroz diodu D1, kondenzator C1 i sekundar trafoa, i kondenzator C1 se napuni tako da je napon na njemu 8,5 V. Za vreme sledeće poluperiode tačka A je pozitivna u odnosu na tačku B pa je maksimalan napon između desnog kraja C1 i tačke B jednak 17 V. Ovaj "generator", kroz diodu D2, puni kondenzator C4 i napon na njemu, posle nekoliko ovakvih pumpanja, je 17 V. Struja punjenja C4 teče od + pola C1, kroz D2, C4, levu donju diodu greca i sekundar trafoa.
Na isti način, diodna pumpa sa D3 i D4 puni kondenzator C5, ali je napon na njemu negativan u odnosu na masu.



*Slika 4.46. Ispravljač sa tri izlazna napona koji se dobijaju od istog mrežnog transformatora*

## 4.13.19. DC-DC pretvarač 1

Kada u nekom elektronskom uređaju postoji izvor jednosmernog napona, ispravljač ili baterija, a u istom uređaju se ukaže potreba za jednosmernim naponom manje veličine nego što ima taj izvor, problem se lako rešava dodavanjem nekog od ranije opisanih stabilizatora napona kojim se postojeći napon smanjuje na potrebnu vrednost. Malo teži slučaj je kada postojeći napon treba pretvoriti u veći jednosmerni napon. Taj posao obavljaju DC-DC pretvarači.

Princip rada svih DC-DC pretvarača je isti. Postojeći izvor jednosmernog napona se koristi za napajanje oscilatora. Promenljivi napon koji stvara oscilator se, pomoću transformatora, pretvara u napon veće amplitude a ovaj se, zatim, vodi na stabilisani isparavljač, na čijem se izlazu dobija jednosmerni napon potrebne veličine. Na taj način se i u DC-DC pretvaraču na slici 4.47 od jednosmernog napona +5 V dobijaju dva jednosmerna napona: +15 V i –15 V.

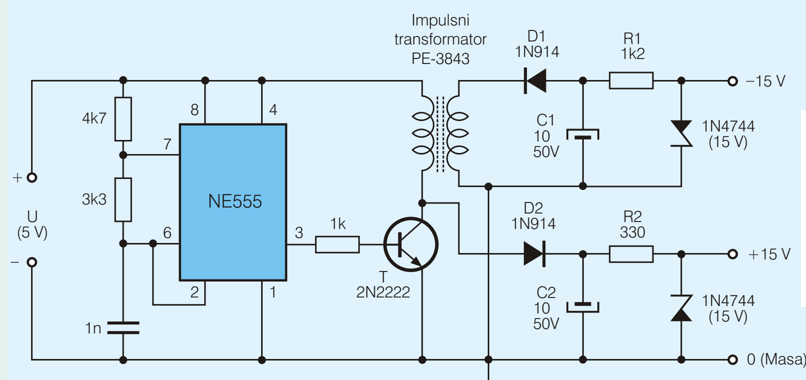
Tajmer 555 radi kao relaksacioni oscilator (astabilni multivibrator) učestanosti 100 kHz. Talasni oblik njegovog izlaznog napona, na nožici 3, je prikazan u desnom delu slike. Ovim naponom se otvara (kad je napon + 5 V) i zatvara (kad je napon jednak nuli) tranzistor T, pa kroz primar transformatora teče promenljiva struja. Pri svakom prekidu struje, na kolektoru se javlja naponski impuls amplitude oko 20 V. Ovaj napon se ispravlja pomoću ispravljača koji obazuju dioda D2 i kondenzator C2 i stabilizuje pomoću stabilizatora sa otpornikom R2 i zener diodom 1N4744.

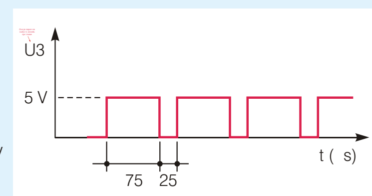
U isto vreme, naponski impulsi se pojavljuju i na sekundaru transformatora. Ovaj napon se ispravlja (pomoću D1 i C1) i stabiliše (pomoću R1 i zener diode).

* Maksimalna izlazna struja oba izlaza je 10 mA.

* Ulazni jednosmerni napon je +5 V jer je ovo kolo bilo predviđeno za napajanje digitalnog sistema koji se napajao iz izvora od +5 V, a +15 V i –15 V su korišćeni za napajanje operacionih pojačavača. Može da se koristi i neki drugi, veći ulazni napon. U tom slučaju treba eksperimentom pronaći nove, veće, vrednosti otpornosti otpornika R1 i R2.

* Izlazni naponi drugačijih veličina, bilo većih bilo manjih, mogu da se dobiju upotrebom odgovarajućih zener dioda. I u ovom slučaju je potrebno eksperimentom pronaći potrebne vrednosti otpornika R1 i R2.




*Slika 4.47. 5V – ±15V pretvarač*

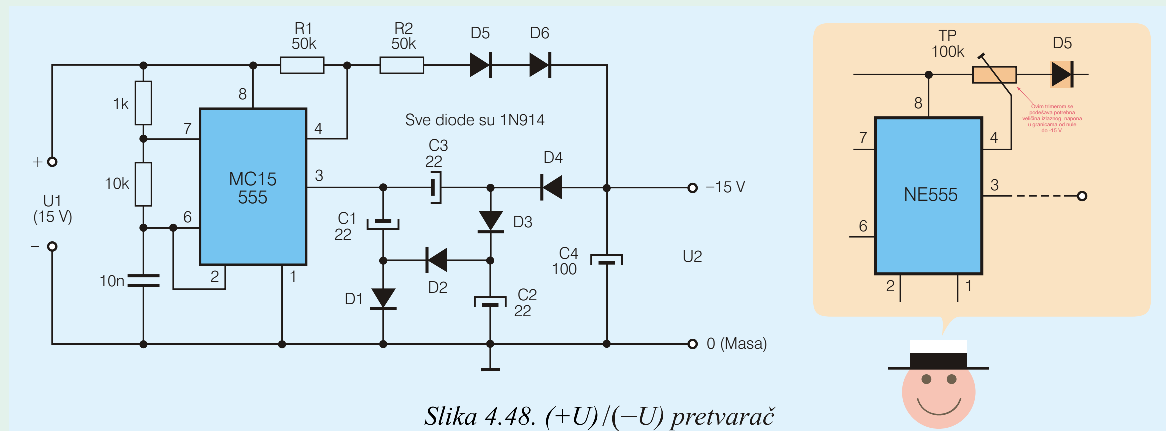
## 4.13.20. DC-DC pretvarač 2

Ovaj DC-DC pretvarač, slika 4.48, je idealan za napajanje operacionih pojačavača u uređajima koji se napajaju iz baterija, kao i u drugim situacijama kada je na raspolaganju pozitivan jednosmerni napon a potreban je isti toliki, ili manji, jednosmeran napon koji je negativan u odnosu na masu uređaja. Odstupanje izlaznog negativnog napona od podešene veličine je samo ±1% za struju potrošača do 30 mA. Samo kolo, kada nema opterećenja, vuče struju od 11 mA.

I u ovom pretvaraču, tajmer 555 služi kao relaksacioni oscilator koji stvara pulsirajući napon koji se sa nožice 3 vodi na udvostručavač napona čije su komponente diode D1, D2, D3 i D4 i kondenzatori C1, C2, C3 i C4. Bez povratne sprege, preko D6, D5 i R2, izlazni napon je negde oko –27 V. Sa povratnom spregom, izlazni napon je jednak po veličini ulaznom naponu, ali je negativan u odnosu na masu uređaja.

* Sa otpornicima R1=R2, izlazni napon U2 je jednak po veličini naponu U1. Smanjivanjem R2 i povećavanjem R1, veličina izlaznog napona može da se smanji. Ako se umesto ovih otpornika veže trimer potenciometar, kao što kaže Smeško obučen u toreadora u desnom delu slike, veličina izlaznog napona može da se menja i podesi na bilo koju veličinu od nule do veličine ulaznog napona.

* Ako ulazni napon U1 nije stabilisan, pa se menja u izvesnim granicama tokom vremena, izlazni napon U2 će da prati te promene. Ako je to štetno, odnosno ako je potrebno da U2 bude konstantan, umesto otpornika R2 treba koristiti odgovarajuću zener diodu.




Slika 4.48. (+U)/(−U) pretvarač

Kako radi udvostručavač (dubler) napona sa slike 4.48?

Izlazni napon oscilatora sa kolom 555, to je napon između nožice 3 i mase, ima oblik kao na slici u desnom delu slike 4.47. Jednostavno rečeno, ovaj napon ili postoji, tada je pozitivan i jednak naponu napajanja kola, ili ga nema, tada je jednak nuli i nožica 3 je na potencijalu mase. Kada je ovaj napon pozitivan, C1 se puni kroz D1, a D2 je zakočena jer je polarisana nepropusno. Kada je izlazni napon jednak nuli, deo naelektrisanja C1 se prenosi na C2, kroz D2. Za to vreme, blokirana je D1.

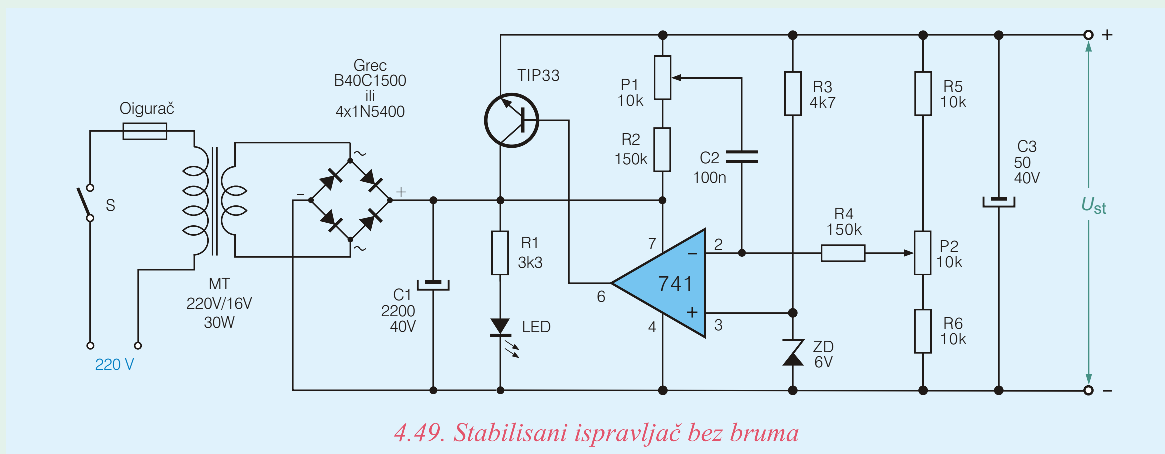
Kada izlazni napon tajmera ponovo postane pozitivan, C3 se puni kroz C2 i D3 na približno dva puta veću veličinu od napona napajanja. Kada napon ponovo postane jednak nuli, naelektrisanje sa C3 se prenosi na C4, preko D4.

## 4.13.21. Stabilisani ispravljač bez bruma.

Kada se radio-prijemnik napaja iz jednostavnog ispravljača bez stabilizatora tada se iz zvučnika, pored programa stanice na koju je prijemnk podešen, čuje i tzv. brujanje. To je ton učestanosti 50 Hz, ako se primenjuje jednostrano usmeravanje, ili ton učestanosti 100 Hz, ako se primenjuje dvostrano usmeravanje. Stručno se kaže da u jednosmernom naponu tog ispravljača postoji i *brum*. Brum se potiskuje (smanjuje) korišćenjem filterskog kondenzatora (C1 i C2 na slici 1.1) velike kapacitivnosti i korišćenjem stabilizatora jednosmernog napona. Kod većine ispravljača sa stabilizatorom napona, brum je toliko potisnut da njegovo prisustvo nema nikakvog praktičnog uticaja na rad uređaj u kome se ti ispravljači koriste. U našem primeru, kada se koristi neki do ranije opisanih ispravljača, brum je toliko mali da je ispod praga čujnosti slušalaca.

Međutim ako je, za neke specijalne namene, potrebno da brum ne postoji, tada može da se koristi stabilizator napona sa slike 4.49. Ako je napon na ulazu stabilizator, to je napon između kolektora tranzistora i mase, u granicama od 20 V do 25 V, maksimalni izlazni napon je 12 V.

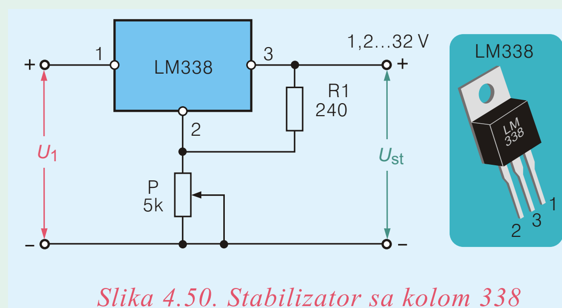
Podešavanje kola se ostvaruje tako što se prvo, pomoću potenciometra P2, podesi potrebna veličina izlaznog napona, a na izlaz priključi potrošač otpornosti pri kojoj teče maksimalna struja. Na primer, ako je napon napajanja potrošača 9 V a maksimalna struja koju on vuče tokom rada je 225 mA, tada izlazni napon ispravljača treba podesiti na 9 V, a na izlaz ispravljača treba priključiti otpornik otpornosti $R_P$=40 i snage 3 W. Zatim, pomoću osciloskopa posmatrati napon bruma i podesiti ga na minimum pomoću potenciometra P1.




*4.49. Stabilisani ispravljač bez bruma*

## 4.13.22. Stabilisani ispravljač sa 338

LM338 je još jedan poznati stabilizator napona sa tri nožice. Njegova maksimalna struja je impozantnih 5 A, a izlazni napon može da se podešava u opsegu od 1,2 V do 32 V. U kolo su ugrađene sve standardne zaštite kao što su zaštita od preopterećenja, pregrevanja, prevelike struje itd. što ga čini izuzetno pogodnim za ispravljače kojima se napajaju prenosni i pokretni primopre dajnici koji rade na opsezima VHF, UHF i 27 MHz. Osnovna šema veza stabilizatora sa kolom LM338 je data na slici 4.50.




*Slika 4.50. Stabilizator sa kolom 338*

Veličina stabilisanog izlaznog napona data je obrascem:

$$U_{st} \quad (1 \quad \frac{R_2}{R_1}) \; 1{,}25\,V\,,$$

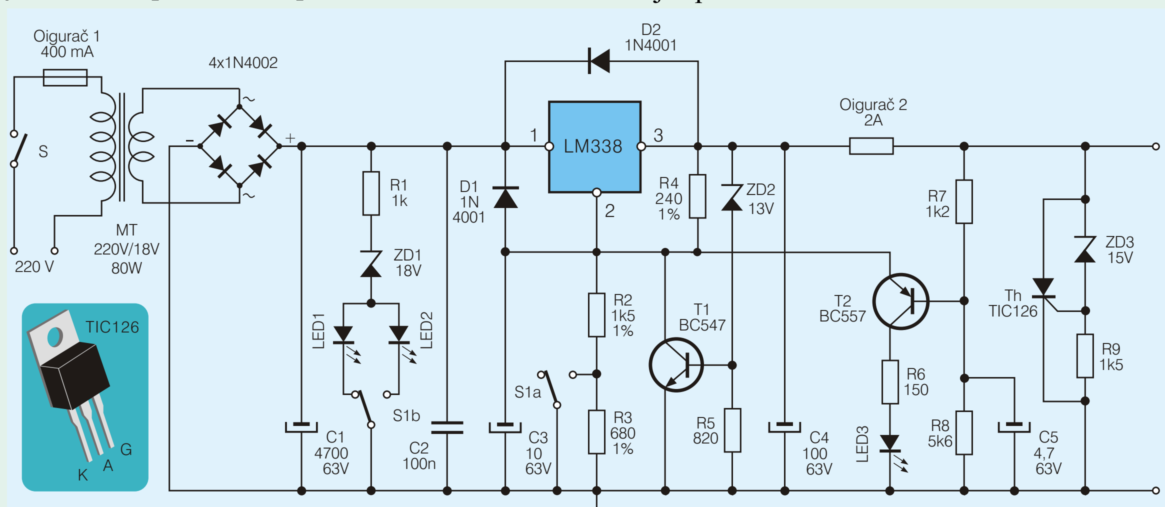
u kome je $R_2$ otpornost od gornjeg kraja potenciometra do klizača.

Na slici 4.51 je prikazan stabilisani ispravljač za napajanje pomenutih primopredajnika koji, uz male prepravke, može da se koristi i za druge uređaje. Preklopnici S1a i S1b se nalaze u zajedničkom kućištu i prebacuju se iz jednog u drugi položaj istom, zajedničkom ručicom. Pomoću S1a se bira jedna od dve vrednosti izlaznog napona (8,8 V ili 12,3V), a pomoću S1b se uključuje jedna ili druga LED dioda. Upaljena LED1 ukazuje da predajnik radi punom snagom, a upaljena LED2 da predajnik radi sa upola manjom snagom.

Dioda ZD1 je polarisana propusno sve dok je mrežni napon veći od približno 160 V. Ako se smanji ispod ove vrednosti ZD1 ne provodi pa se LED1 i LED 2 gase i upozoravaju na drastičan pad mrežnog napona.

Tranzistor T2, zajednos sa diododom ZD2, sprečava da izlazni napon, kada je S1a u desnom položaju, postane veći od 13 V. Naime, ako izlazni napon dostigne tu vrednost, ZD2 prelazi u provodno stanje pa se napon na bazi T1 poveća. To dovodi do smanjenja otpornosti između njegovog kolektora i emitera. a time i do smanjenja otpornosti između možice 2 kola 338 i mase, što vodi ka smanjenju izlaznog napona.

Naročito opasno za radio primopredajnike i ostale potrošače sa digitalnim CMOS kolima je ako izlazni napon ispravljača postane veći od 15 V. Ako se to, iz bilo kog razloga, desi, pa on postane veći od 15 V, ZD3 postaje provodna, tiristor Th biva okinut i prelazi u provodno stanje, što dovodi do pregorevanja osigurača broj 2. U tom slučaju, tranzistor T2 počinje da provodi struju i pali se LED3.



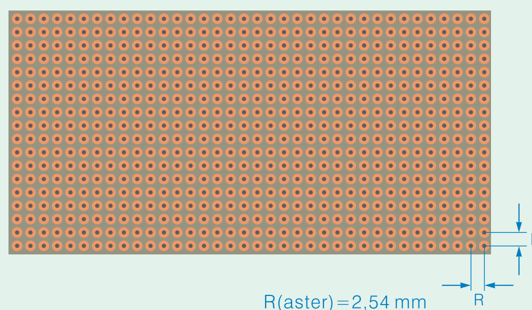

*Slika 4.51. Stabilisani ispravljač za proimopredajnne uređaje*

# 5. DODACI

## 5.1. Univerzalna štampana pločica

U prodavnicama elektrotehničkog materijala mogu da se nađu i tzv. univerzalne štampane ploče. To su ploče od kaširanog pertinksa ili vitroplasta na kojima su nagrizanjem napravljene bakarne stopice, linije različitih debljina i oblika, kombinacije stopica i linija itd. i izbušene rupice. Na slici 5.1 je prikazana jedna od tih pločica koja se sastoji od stopica na međusobnom rastojanju od R=2,54 mm. Na njoj, komponente se montiraju na strani na kojoj nisu stopice, a rasporede se tako da stopice koje treba povezati budu što bliže jedna drugoj. Nožice komponenata se zaleme i skrate. Povezivanje stopica se ostvaruje komadima žice, sa čijih je krajeva skinuta izolacija, a oni kalajisani.

Primer praktične primene univerzalne štampane pločice sa slike 5.1 prikazan je na slici 5.2. Levo je električna šema. Mrežni transformator sa sekundarnim naponom od 9 V nije prikazan. Ovo je jedan jednostavan stabilizator čiji izlazni napon može da se, pomoću trimer potenciometra, podesi na bilo koju veličinu od nule do 9,3 V. Iskorišćen je tranzistor BD235 u kućištu

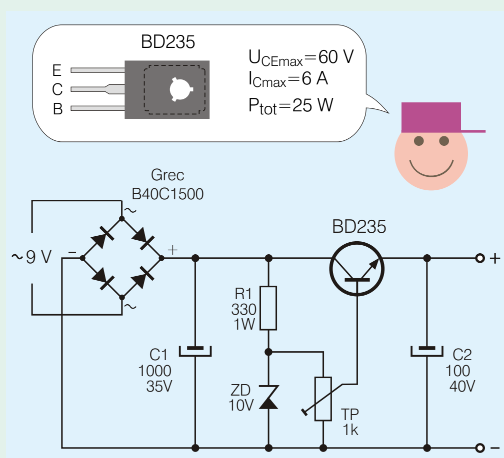


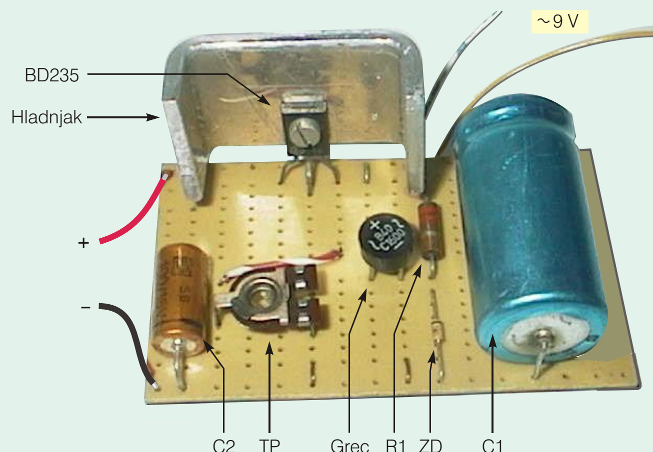

*Slika 5.1. Univerzalna štampana pločica*

TO126, koji se na jednostavan način, pomoću mašinskog zavrtnja, montira na hladnjak.

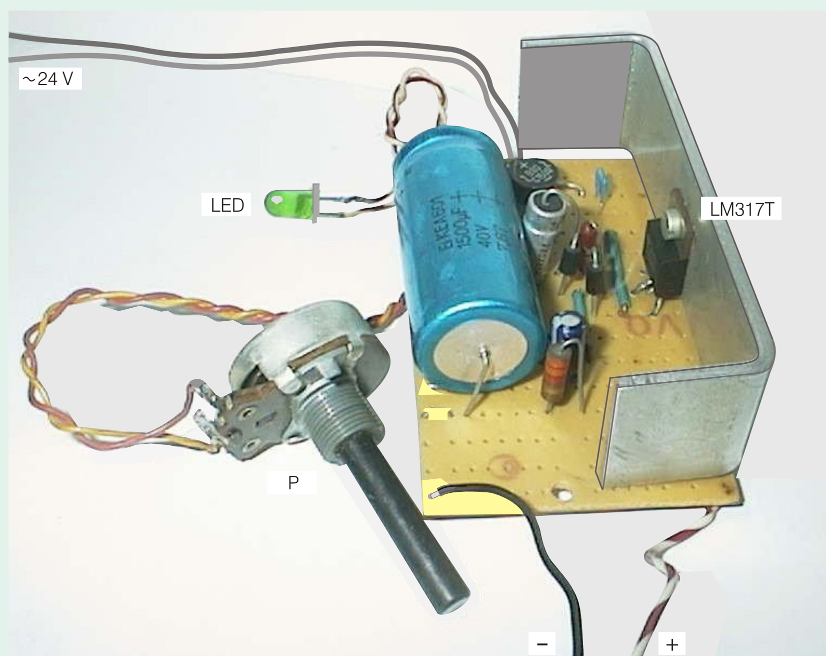
Na slici 5.3 je fotografija ispravljača realizovanog na štampanoj pločici sa slike 5.1, po električnoj šemi na slici 4.6-a. Komponente kojih nema na fotografiji su mrežni transformator, osigurač, prekidač i trimer potenciometri, a umesto greca u četvrtastom upotrebljen je grec u valjkastom kućištu.

Integrisano kolo 317 nosi na sebi hladnjak napravljen od aluminijumskog lima debljine




*Slika 5.2. Ispravljač relizovan na univerzalnoj štampanoj pločici sa slike 5.1*




*Slika 5.3. Ispravljač relizovan na univerzalnoj štampanoj pločici, po šemi sa slike 4.6-a*

2 mm. Da li je njegova površina dovoljno velika za struju koja vam je potrebna? To se najsigurnije utvrđuje eksperimentom.

Priključite potrošač na izlaz ispravljača, podesite izlazni napon na potrebnu vrednost i sačekajte nekoliko minuta. Stegnite hladnjak vrhovima palca i kažiprsta, pa ako možete da izdržite, sve je u redu, jer temperatura nije veća od šesdest stepeni. Ponovite ovaj eksperiment još nekoliko puta, u razmacima od po nekoliko minuta, i ako još uvek možete da držite hladnjak, on uspešno obavlja svoju ulogu. Ali, ako se opečete, isključite ispravljač i na 317 montirajte hladnjak većih dimenzija.

* Pri opisanoj proveri, kao potrošač može da se koristi običan otpornik čija se otpornost i snaga računaju po obrascima:

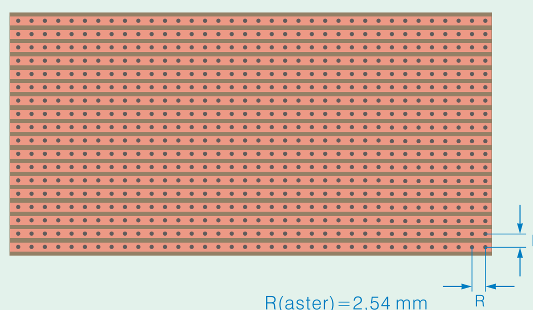
$$R=U/I \quad \text{i}$$
$$P=U\cdot I,$$

u kojima je $U$ – izlazni napon, a $I$ – izlazna struja ispravljača. Na primer, ako želite da proverite da li vaš ispravljač dobro radi kada pri naponu $U$=12 V daje struju od $I$=0,8 A, podesite izlazni napon na 12 V, a na izlaz priključite otpornik otpornosti $R$=12/0,8=15 , snage $P=U\cdot I$=12·0,8=9,6 W, pa pipkajte hladnjak.

Postoje i lepša, univerzalnija rešenja. Pogledajte projekat 5.3.

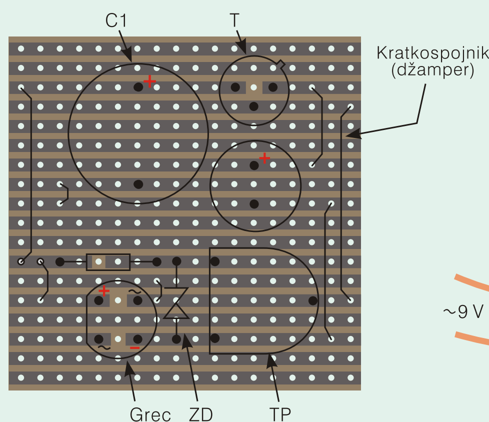


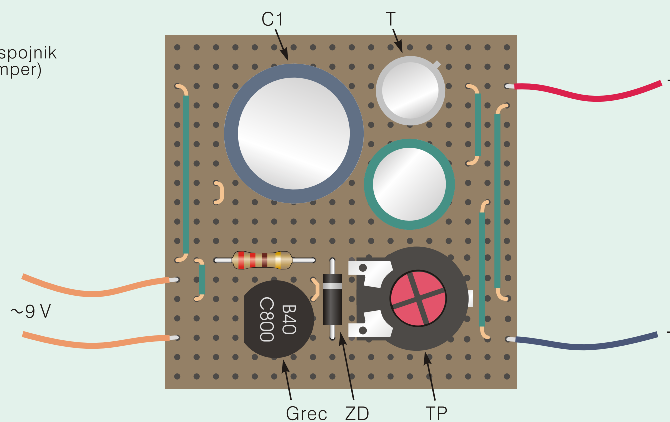
Postoje i univerzalne štampane pločice sa bakarnim linijama i izbušenim rupicama, kao što je prikazano na slici 5.4. Komponente se montiraju jedna blizu druge, vodeći računa da se, kao veze između nožica komponenata, maksimalno iskoriste bakarne trake. Na mestima gde je to potrebno, trake se prekidaju tako što se oštrim nožem (skalpelom) preko njih ureže plitak kanal. Veze koje nije moguće ostvariti bakarnim trakama, ostvaruju se komadima žica (kratkospojnicima).




*Slika 5.4. Univerzalna štampana pločica*

Na slici 5.5 je prikazna praktična realizacija ispravljača sa slike 5.2. Na obe slike je pogled na pločicu sa strane komponenata. U levom delu slike komponente su, radi preglednosti, prikazane u uprošćenom obliku, kao providni objekti. Bakarne linije su sa suprotne strane. One su prikazane da bi se videli prekidi na njima. Prekidi su napravljeni ispod greca, tranzistora i otpornika.



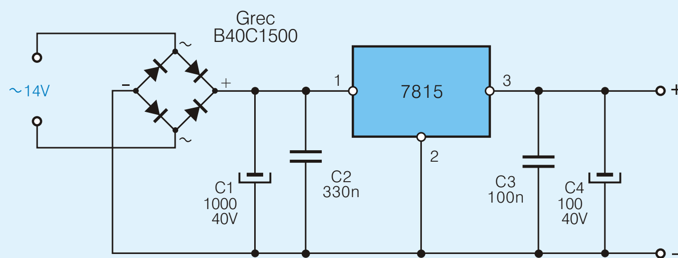




*Slika 5.5. Ispravljač sa slike 5.2 realizovan na univerzalnoj štampanoj pločici sa slike 5.4*

## *5.2. "Štampana pločica" bez nagrizanja bakra*

Ispravljač može da se relizuje na pločici od kaširanog pertinakasa, istog onog od koga se prave štampana kola, bez nagrizanja bakra. To je tzv. *Ground-Plane* tehnika, koja se naročito koristi pri izradi prenosnih radio-prijemnika. Cela bakarna površina se koristi kao masa, u našem slučaju to je linija koja je spojena sa negativnim krajem ispravljača. Kao primer, pogledaćemo kako se u *ground-plane* tehnici realizuje ispravljač sa slike 5.6.

Od kaširanog pertinaksa se izrežu četiri mala pravougaona komada, koji su na slici 5.8 obeleženi brojevima 1, 2, 3 i 4. Oni se zalepe na pločicu, sa bakarnom stranom nagore, kao što je prikazano na slici 5.7. Ta mala izolovana ostrva od bakra su lemne tačke u koje se leme izvodi komponenata. Na bakarna ostrva 1 i 2 se leme nožice greca na koje se dovodi naizmenični napon od 14 V, i dve žice koje su svojim drugim krajevima spojene sa sekundarom mrežnog transformatora. Na ostrvo 3 se leme "živi" (gornji na slici 5.6) krajevi C1 i C2, + nožica greca i nožica 1 kola 7815. Na ostrvo 3 se leme živi krajevi C3 i C4, žica koja je povezana sa + buksnom i nožica 3 kola 7815. Nožica 2 kola 7815, minus nožica greca, donji krajevi svih kondenzatora i žica koja




*Slika 5.6. Stabilisani ispravljač fiksnog napona sa kolom 7815*

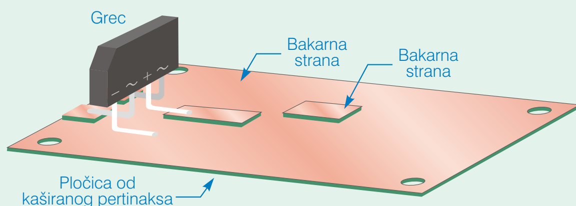
je povezana sa – buksnom se leme na bakarnu površinu pločice.

Pre lemljenja, mesta na koja će biti zalemljene nožice svih komponenata treba kalajisati. Taj postupak je prikazan na slici 5.9-a, na kojoj se kalajiše jedno od ostrva. Bakarna površina se dobro očisti i na nju se naslone vrh lemilice i vrh tinol žice. Posle nekoliko trenutaka, kada se bakarna površina dovoljno zagreje, kalaj će se rastopiti i razliti po bakru i formirati malo ispupčenje. Na slici 5.7 je prikazano kako treba saviti nožice greca, a na slici 5.9-a je kako treba saviti nožice kondenzatora C2. Slično treba saviti i nožice ostalih komponenata. Kalajisanje krajeva nožica se obvlja tako što se, kao na slici 5.9-b, komponenta drži pincetom a vrh nožice nasloni na vrh tinol žice. Vrhom lemilice se istovremeno dodirne i tinol žica i nožica komponente tako da se kalaj rastopi i obuhvati nožicu. Komponenta se pomera levo-desno tako da nožica bude kalajisana u dužini od nekoliko milimetara.

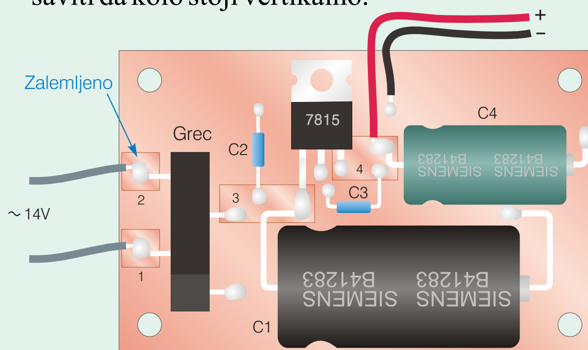
Lemljenje se obavlja prema slici 5.9-c. Nožica se nasloni na kalajisano mesto na ostrvu i pritisne vrhom lemilice. Kalaj se topi i komponenta ide na dole dok ne dodirne bakarnu površinu. Lemilica se skloni i sačeka nekoliko trenutaka pa se otpusti pinceta. Komponenta stoji u svom položaju, mada lem nije sasvim dobar. Zatim se, pomoću tinola i lemilice, lepo zalemi druga nožica. Posle toga se i prva nožica, pomoću tinola i lemilice, lepo zalemi.

Ako je stabilizator iz serije 78SXX, štampana pločica može da se koristi kao, ne baš naročito dobar, hladnjak. U tom slučaju kolo 7815 treba zavrtnjem pričvrstiti za pločicu.

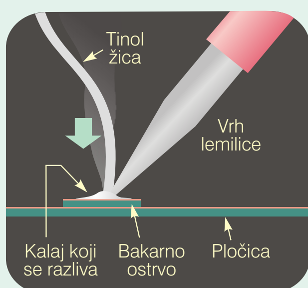
Ako se koristi neki od ranije opisanih metalnih hladnjaka nožice kola 7815 treba tako saviti da kolo stoji vertikalno.



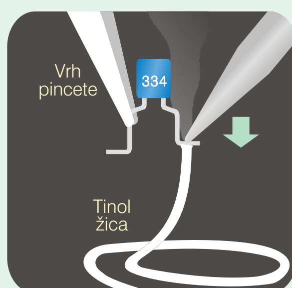

*Slika 5.7. Ground-plane tehnika*



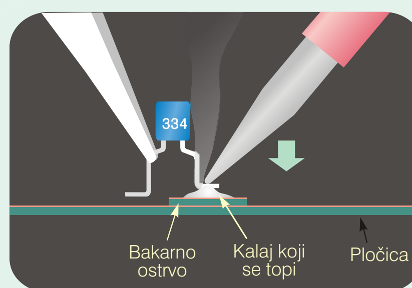

*Slika 5.8. Ispravljač sa slike 5.6 realizovan u Ground-plane tehnici*




a.




b.




c.

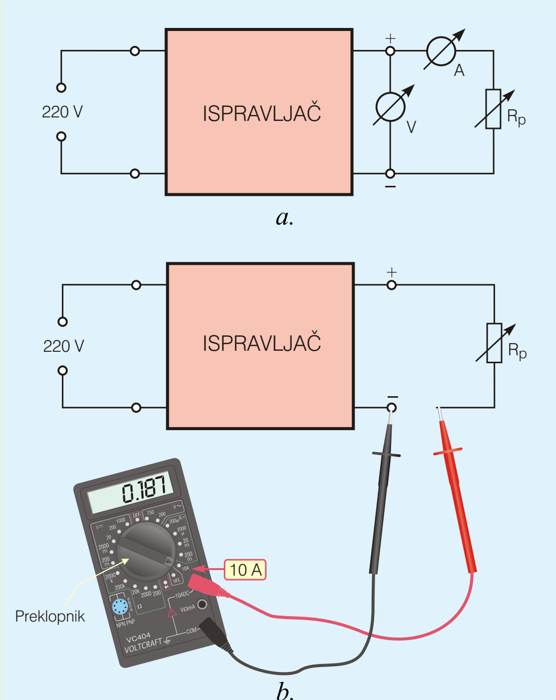
*Slika 5.9. a - kalajisanje bakarnog ostrva, b - kalajisanje nožice kondenzatora, c - lemljenje kondenzatora*

## *5.3. Testiranje ispravljača*

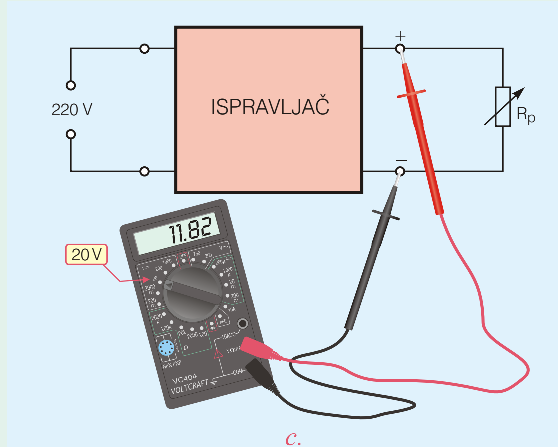
Stabilisani ispravljač je izvor konstantnog jednosmernog napona. Praktičnije rečeno, to je izvor kod koga se veličina podešenog izlaznog napona ne menja, bez obzira na promene mrežnog napona ili veličine struje koju ispravljač daje potrošaču.

Najvažnija testiranja ispravljača se svode na snimanje dve karakteritike: jedne koja pokazuje zavisnost izlaznog napona od struje potrošača, pri konstantnom naponu mreže i druge koja pokazuje zavisnost izlaznog napona od napona mreže, pri konstantnoj izlaznoj struji ispravljača.

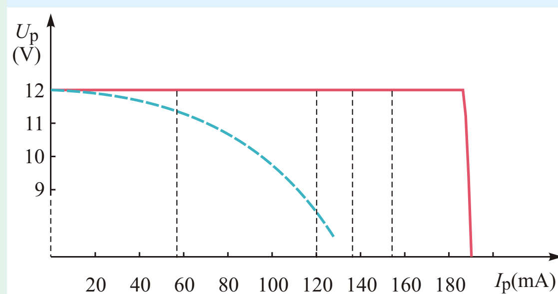
1. Snimanje zavisnosti napona od struje se obavlja prema šemi na slici 5.10-a. Na izlaz ispravljača se priključe potrošač $R_p$ čija otpornost može da se menja, ampermetar A za merenje struje potrošača i voltmetar V za merenje izlaznog napona odnosno napona na potrošaču. Za različite vrednosti otpornika $R_p$, koji imitira potrošač, mere se, struja potrošača $I_p$ i napon na potrošaču $U_p$.




*Slika 5.10. a - šema veza za snimanje zavisnosti izlaznog napona od struje potrošača, b -merenje izlazne struje*




| $R_p$ | 250 | 100 | 88 | 78 | 68 | 63 | 60 | 50 | 0 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_p$ | 48 | 120 | 136 | 154 | 176 | 187 | 188 | 189 | 190 | mA |
| $U_p$ | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11,8 | 11,2 | 9,3 | 0 | V |



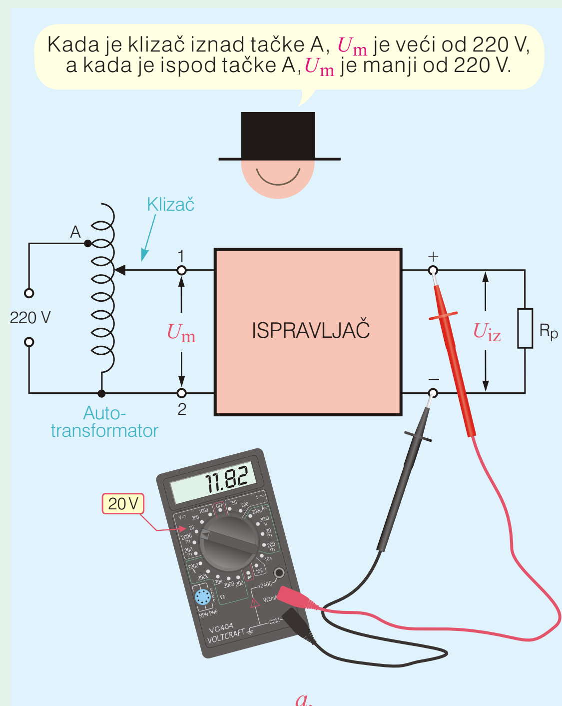

*Slika 5.10. c - merenje izlaznog napona, d - rezultati merenja*

Ako je na raspolaganju samo jedan instrument, multimetar, tada se on prvo podesi za merenje struje i izmeri struja $I_p$ (slika 5.10-b), a zatim se podesi za merenje napona i izmeri napon $U_p$ (sl. 5.10-c). Rezultati merenja se unose u tabelu i na osnovu njih crta dijagram, kao što je prikazano na slici 5.10-d.

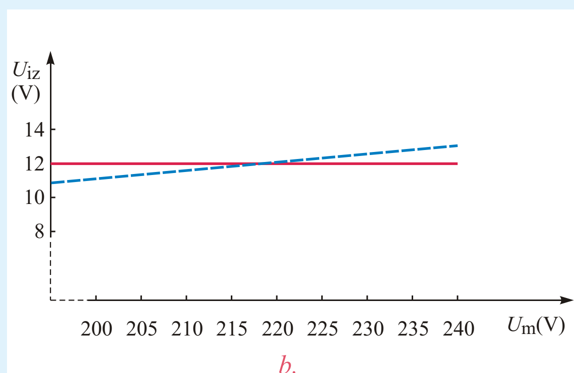
Punom linijom na slici 5.10-d je prikazna $U_p$-$I_p$ karakteristika stabilisanog ispravljača sa kolom 723 kod koga je izlazna struja ograničena na 200 m A, a isprekidanom - nestabilisanog ispravljača. Naravno, nestabisani nije testiran na kratak spoj, jer bi to za njega bilo fatalno.

Snimanje zavisnosti izalznog napona ispravljača od napona električne mreže obavlja se po šemi veza sa slike 5.12-a. Veličina naizmeničnog napona na ulazu u ispravljač se menja pomeranjem klizača na autotransformatoru, a naponi $U_m$ i $U_{iz}$ se mere voltmetrom V. Prvo se voltmetar podesi za merenje naizmeničnih (AC) napona i priključi izmedju tačaka 1 i 2. Naizmenični napon se podesi na potrebnu vrednost. U našem primeru, ovaj napon se podesi na 200 V. Zatim se voltmetar podesi za merenje jednosmernih napona i priključi na izlaz, kao što je prikazano na slici, i izmeri izlazni jednosmerni napon. Rezultati se unose u tabelu i na osnovu njih nacrta dijagram.

Na slici 5.12-b su, kao primer, prikazani rezultati merenja pri struji $I_p$=20 mA. Puna linija predstavlja izlazni napon ranije opisanog "Školskog ispravljača" sa stabilizatorom izvedenim sa kolom 723, a isprekidana jednog nestabilisanog ispravljača.

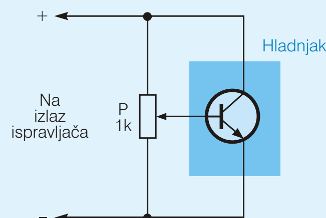



| $U_m$ | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | 230 | 235 | 240 | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{iz}$ | 10,9 | 11,2 | 11,5 | 11,7 | 12 | 12,3 | 12,5 | 12,8 | 13,1 | V |




*Slika 5.12. a - šema veza za snimanje zavisnosti izlaznog napona od napona električne mreže, b - rezultati merenja*

* Pri snimanju karakterisrike sa slike 5.10-d, kao promenljivo opterećenje $R_p$ korišćeno je nekoliko otpornika snage 5 W, koji su vezivani na red, u paralelu i mešovito. Mnogo bolje, a za velike struje i jeftinije i praktičnije, je rešenje sa slike 5.11. Kao promenljivo opterećenje se koristi tranzistor čija se otpornost menja pomoću potenciometra. Klizač se stavi u krajni donji položaj i kolo priključi na izlaz ispravljača. Zatim se klizač pomera na gore dok se ne ostvari da kroz ampermetar teče potrebna struja. U našem primeru sa slike 5.10-d, klizač bi pomerali dok struja ne bude 48 mA, pa 120 mA, 136 mA itd.




*Slika 5.11. Promenljivo opterećnje*

Tranzistor može da bude 2N3055 ili bilo koji drugi snažan tranzistor. Potenciometar je žičani, snage 2 W ili veće.

## *5.4. Precizno podešavanje i očitavanje izlaznog napona*

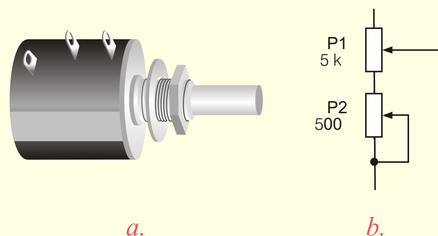
Ako izazni napon ispravljača treba vrlo precizno podesiti na neku vrednost, recimo tačno na 4,53 V, kao potenciometar kojim se vrši podešavanje napona treba koristiti specijalan potenciometar, koji je tako konstruisan da dugme mora više puta da se okrene za ceo krug da bi klizač stigao sa jednog na drugi kraj. To je tzv. *multi-turn* potenciometar. Jedan od njih, kod koga je potrebno dest puta okrenuti osovinu pun krug da bi se klizač pomerio od početka do kraja, prikazan je na slici 5.13-a.

U nedostatku specijalnog potenciometra mogu da se koriste dva obična potenciometra povezana kao na slici 5.13-b. P1 je glavni potenciometar kojim se napon podesi približno na potrebnu vrednost, a P2 služi za fino, precizno podešavanje. Otpornost P2 je oko deset puta manja od otpornosti P1.

Očitavanje izlaznog napona pomoću ampermetra sa kretnim kalemom je opisano u poglavlju 3.3. Ali, ovo rešenje je dobro samo za čitaoce koji već imaju takav instrument, verovatno izvađen iz nekog rashodovanog uređaja. Kupovina novog je prilično veliki izdatak. Pored toga, na instrumentu sa kretnim kalemom praktično nije moguće tačno očitavanje druge decimale. Znatno jeftinije i bolje rešenje je mutimetar koji može da se kupi za nekoliko evra. Jedan od takvih je prikazan na slici 5.14.

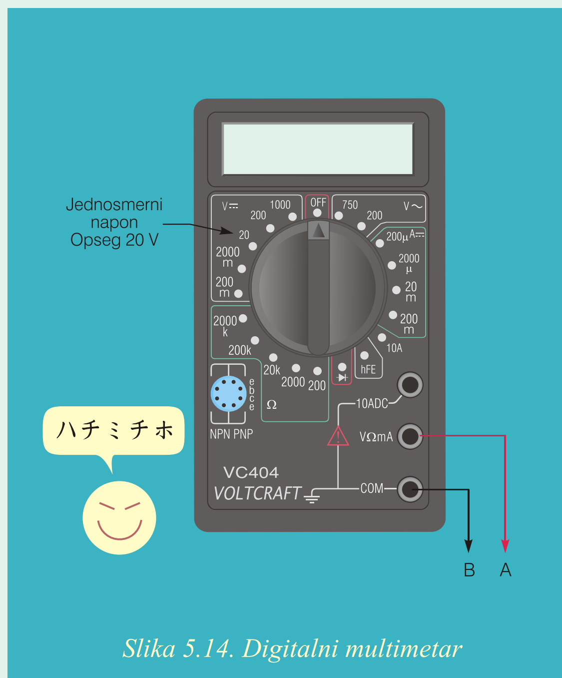
Instrument treba izvaditi iz kutije i ugraditi ga u kutiju u koju je smešten ispravljač, iza četvorougaonog otvora na kutiji, kroz koji se lepo vidi displej instrumenta. Preklopnik treba postaviti u položaj za merenje jednosmernih napona (DCV), na opseg od 20 V. Posle toga treba skinuti dugme preklopnika, da bi štampana pločica mogla da se montira što bliže prednjoj strani kutije isparavljača. Ako preklopnik i dalje smeta, treba ga skinuti sa pločice, a komadom žice ostvariti potreban spoj.

Za rad multimetra neophodna je baterija od 9 V. Ona traje mesecima jer je struja koju iz nje vuče instrument izuzetno mala. Ipak, bolje je ako se multimetar napaja iz ispravljača u koji je ugrađena. Ali tu se javlja problem: negativan kraj multimetra nije spojen sa negativnim krajem baterije. To znači da je za napajanje multimetra neophodan poseban ispravljač. To može da bude ispravljač sa minijaturnim mrežnim transformatorom, jednom ispravljačkom diodom, elektrolitskim kondenzatorom od deset mikrofarada i stabilizatorom 78L09.




*Slika 5.13. a - "Multi-turn" potenciometar, b - redno vezani potenciometri*

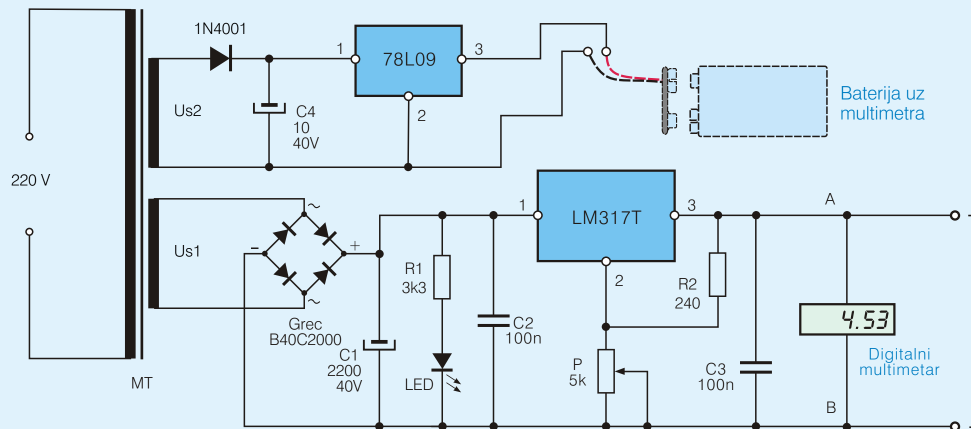
Postoji i lepše rešenje za koje je potreban mrežni transformator sa dva nezavisna sekundara, koje je prikazano na slici 5.15. Na jedan sekundar je priključen glavni ispravljač a na drugi ispravljač koji daje 9 V za napajanje multimetra.




*Slika 5.14. Digitalni multimetar*

Napon Us2 ne sme da bude veći od 16 V. Napon Us1 može da ima bilo koju vrednost koja odgovara glavnom ispravljaču. Na slici je ispravljač sa stabilizatorom LM317 ali to može da bude bilo koji od ranije opisanih ispravljača.

Jednosmerni napon sa nožica 3 i 2 kola 78L09 se, pomoću dve žice, vodi na štampanu pločicu multimetra u stopice u koje su bile zalemljene žice spojene sa konektorom za bateriju.



*Slika 5.15. Ispravljač sa digitalnim (cifarskim) pokazivačem izlaznog napona*




## *5.5. Power Supply - Ispravljač iz kompjutera*

Power supply (Napajanje) u kompjuteru je ispravljač koji stvara više različitih jednosmernih napona koji daju jednosmernu struju za napajanje glavne ploče, hard diska, CD pisača/čitača, različitih kartica i svih ostalih komponenata kompjutera. On je smešten u metalnu kutiju koja se vrlo lako prepoznaje kada se kompjuter pogleda od pozadi, po tome što se na njoj sa spoljne strane nalaze utikač za priključenje mrežnog napona i ventilator za hlađenje komponenata ispravljača. Uz sasvim male prepravke, P(ower) S(upply) može da se pretvori u odličan stabilisani ispravljač za napajanje različitih elektronskih uređaja. Ono što ovaj poduhvat čini vrlo privlačnim je cena. Na izlazu +12V ovaj ispravljač može da dâ struju od 15 A, na izlazu +5V struju od 30 A, na izlazu +3,3V struju od 28A i na izlazu -12 V struju od 0,8 A. Ukupna korisna snaga je 432 W. A cena ispravljača je oko 12 evra. U klasičnom ispravljaču iste snage, samo bi mrežni transformator koštao najmanje pet puta više, a kompletan ispravljač bi bio MNOGO teži i MNOGO većih dimenzija.



Imajte u vidu da je na mnogim komponentama PS-a mrežni napon amplitude 325 V, a na nekoliko elektrolitskih kondenzatora je jednosmerni napon veći od 150 V. Zato, ispravljač, pre otvaranja kutije u koju je smešten, OBAVEZNO isključite iz mreže i to ne preko ugrađenog prekidača (ako postoji), već tako što ćete utikač da izvučete iz utičnice u zidu. Posle toga sačekajte neko vreme da se kondezatori isprazne.

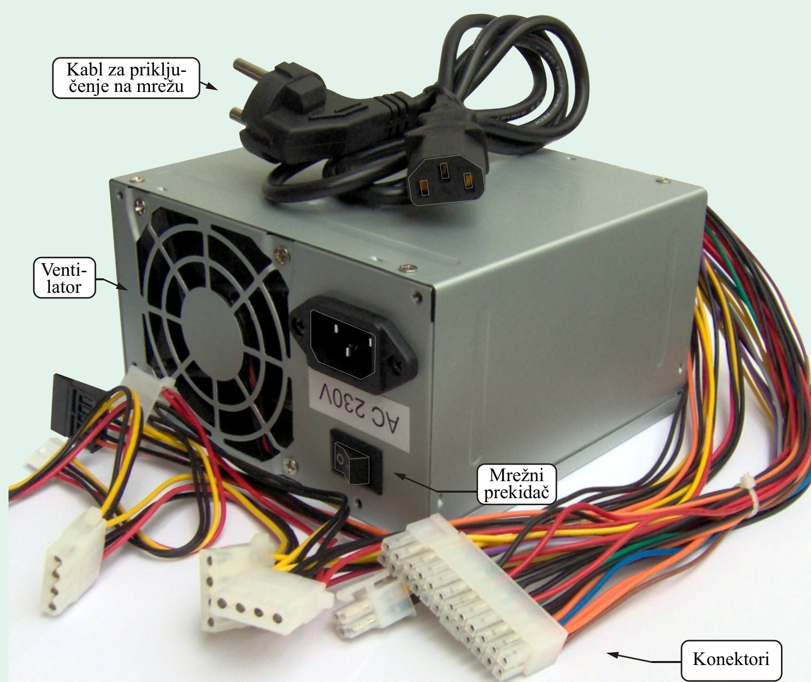
Fotografija PS-a je na slici 5.17. To je nov uređaj snage 500 W. Na kutiji je kabl sa utikačem i utičnicom pomoću kojih se uređaj priključuje na električnu mrežu. Sa zadnje strane, kroz otvor na kutiji, izlazi veliki broj žica sa konektorima pomoću kojih se u kompjuteru razvode jednosmerni naponi. Ove žice treba preseći, tako da im dužine, odgovaraju udaljenostima do buksni, LED diode i otpornika R1 prekidača S za čije se krajeve leme. Skraćivnje je najbolje obaviti na kraju kad su sve dodate komponente namontirane. Sve žice iste boje su spojene sa istom tačkom (bakarnim ostrvcetom) na štampanoj ploči, pa je na njima isti napon. Boje označavaju veličinu napona prema tabeli 1.

Postoje još četiri žice koje su u tabeli 2. Smeđa (braon) se skrati na dužinu od nekoliko centimetra od štampane ploče i spoji sa, isto tako skraćenom, jednom od narandžastih žica. Spajanje se obavlja lemljenjem, a spoj se izoluje komadom izolir trake. Na isti način se zelena žica spoji sa jednom od crnih. Bez ovih spajanja PS ne može da radi.

Uključivanje i isključivanje se vrši pomoću mrežnog prekidača. Ali, postoji jedna lepša mogućnost, koja se obavezno koristi ako mrežni prekidač ne postoji ili je teško dostupan, što je slučaj u ovom projektu. Tada se zelena žica spaja sa jednim krajem malog prekidača (S na slici 5.19), čiji se drugi kraj spaja sa jednom od crnih žica. Ovim prekidačem se PS uključuje/isključuje, a mrežni prekidač je stalno uključen.

PS ne može da radi bez opterećenja. Zbog toga je obavezno da se između jedne crvene i jedne crne žice zalemi otpornik R1. Njegova otpornost je 10 a snaga 10 W. Ovaj otpornik se prilično greje pa treba imati u vidu njegovo hlađenje. U ovom projektu on je namontiran tako što su mu, kao na slici 5.22, priključne žice provučene kroz rupe na gornjem delu ventilatora i savijene, tako da se otpornik ne pomera.

Buksne na koje se leme krajevi žica iz tabele 1 se montiraju na prednju stranu kutije.




*Slika 5.18. P(ower) S(upply) iz personalnog kompjutera*

Tabela 1

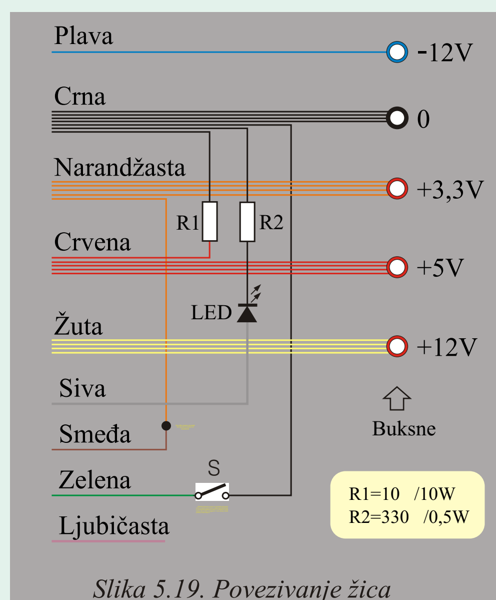
| | |
|---|---|
| Crna | 0V (masa) |
| Narandžasta | +3,3V (28A) |
| Crvena | +5V (30A) |
| Žuta | +12V (15A) |
| Plava | -12V (0,8A) |

* Svi naponi su u odnosu na masu
** U zagradi je maksimalna struja

Tabela 2

| | |
|---|---|
| Smeđa | Spojiti se sa jednom narandžastom |
| Zelena | Spojiti se sa jednom crnom (preko S) |
| Ljubičasta | Ne koristi se |
| Siva | Na anodu LED |

* U starijim PS-ovima postoji i bela žica. Na njoj je napon -5V.




*Slika 5.19. Povezivanje žica*

To je strana koja se na slici 5.18 ne vidi, iz koje izlazi snop žica. Na slici 5.20 je prikazano kako na toj strani treba izbušiti sedam rupa: pet prečnika 8 mm za buksne, jednu od 5 mm za LED diodu i jednu od 7 mm za prekidač S. Pre bušenja proverite da buksne ne dodiruju hladnjake ili neke druge komponente, pa rupe, ako je potrebno pomerite nagore. Prvo bušite burgijom od 3 mm, a zatim nekom malo većom. Posle toga, rupe proširite pomoću okrugle turpije. Pazite da se opiljci od bušenja i struganja ne zadrže na štampanoj ploči. Najjednostavniji način da ih uklonite je da nekoliko puta snažno dunete tamo gde su pali.

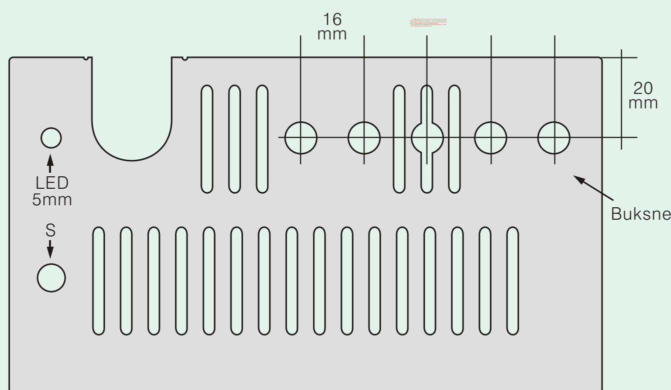
Sledeći korak je montaža buksni i lemljenje žica i ostalih komponenata. Odvrnite četiri zavrtnja i skinite gornji deo zajedno sa dve bočne strane. Namontirajte buksne kao što je prikazano na slici 5.21. Prema slici 5.19, tri crne žice se odvajaju, krate i spajaju za R1, R2 i prekidač S. Sve ostale crne žice se skrate i leme za ušicu crne buksne (0 na slici 5.19). Tu nastaje mali problem. Crnih žica ima toliko da ih nije moguće sve zalemiti za ušicu. Rešenje je više ušica ili druga, veća ušica. Ista priča važi i za crvene i žute žice. Ali, korišćenje svih žica je neophodno samo ako su potrebne velike struje iz tabele 1. Za struje do nekoliko ampera, što je "puna kapa" u skoro svim situacijama u amaterskoj praksi, dovoljno je nekoliko žica. U ovom projektu koriste se po dve crne, crvene i žute žice. Sve ostale (crne, crvene i žute) se sečicama skrate na nekoliko milimetara od štampane ploče. Smeđa se spaja sa jednom od narandžastih, siva sa anodom LED i zelena sa jednim krajem prekidača S. Plava ide na svoju buksnu, a ljubičasta se odseče na nekoliko milimetara od štampane ploče.

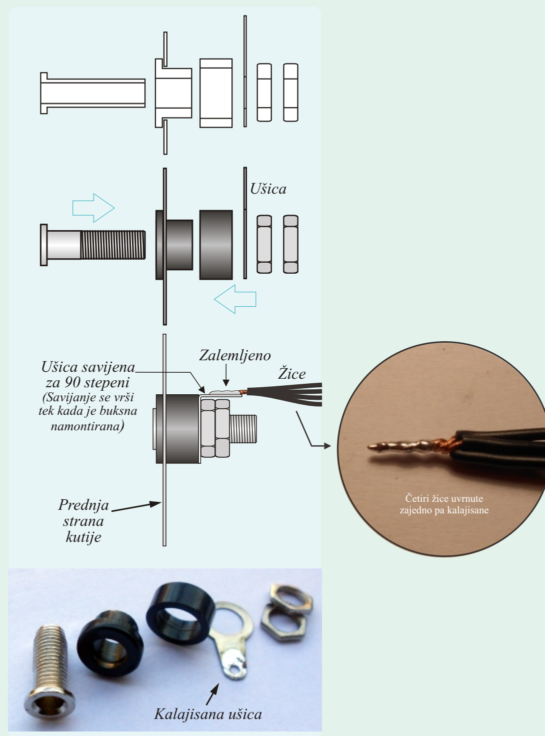
LED dioda se uglavi u otvor na zadnjoj strani i fiksira pomoću malo lepka. Njena anoda se spaja sa sivom žicom a katoda sa jednim krajem R2. Drugi kraj R2 se spaja sa jednom crnom žicom. Prekidač S se spaja sa zelenom i jednom crnom, a R2 sa po jednom crnom i crvenom.

* Pored napona na slici 5.19, koji su svi u odnosu na masu (0), moguće je dobiti i druge napone. Između +12V i +5V napon je +7V, između +12V i +3,3V je +8,7 V, između +5V i +3,3 V je +1,7 V. U sva tri slučaja niži napon je nula i on se spaja sa masom uređaja priključenog na ispravljač. Između +12V i -12V napon je +24V i tu može da se priključu neki od ranije opisanih stabilizatora, recimo onaj sa slike 2.8.1 ili slike 2.11.

*Umesto PS-a sa slike 5.17 moguće je koristiti PS izvađen iz nekog starijeg, rashodovanog kompjutera bilo koje snage veće od 150 W. Ali ovde može da bude problema sa bojama žica. Ako postoji bela, na njoj je -5V (0,3A). Može da se desi da nema smeđe žice. Ubodite krajeve otpornika 10 /10W u najveći konektor, između crne i crvene žice. Komadom žice na istom konektoru spojite zelenu i crnu žicu. Priključite PS na mrežu i posmatrajte ventilator. Ako se okreće, a otpornik se greje, sve je u redu. Ako se ne okreće, pronađite sivu žicu i komadom žice je spojite prvo sa narandžastom pa, ako to ne daje rezultat, sa crvenom, pa proverite da li se ventilator okreće.

*Ako vam nije teško da zavlačite ruku iza ispravljača da bi pritisli mrežni prekidač, izostavite prekidač S ali ne zaboravite da zelenu žicu spojite sa jednom crnom.



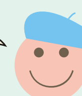

*Slika 5.20. Zadnja strana kutije PS-a, koja je za nas prednja strana*

*Slika 5.21. Buksne: gore - presek, sredina -montaža, dole - namontirana buksna u čiju su ušicu zalemljene četiri crne žice, najdole - fotografija*

Da ne bude zabune. Prva stvar koju treba uraditi je da se odvrnu četiri zavrtnja i PS otvori. Proveriti se da li buksne kada budu montirane u rupe prema slici 5.20 ne dodiruju hladnjake. Ako je to u redu, PS se zatvori i pristupa se bušenju i turpijanju. Ako nije, traže se druge, kraće buksne.



Da ne bude zabune. Sve u svemu, koristi se 7 crnih žica, 5 narandžastih, 5 crvenih, 4 žute i po jedna plava, siva, smeđa i zelena. Sve ostale se seku što bliže štampanoj ploči.



Naponi koje daje ovaj uređaj su:

24V (između +12 i -12),

17V (+5, -12),

12V (+12, 0),

7V (+12, +5),

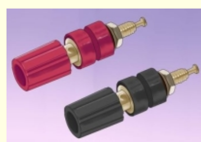
8,7V(+12, 3,3),

5V (+5, 0),

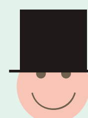
3,3V (+3,3, 0) i

1,7V (+5,+ 3,3)





Ovakve buksne su skuplje, ali su mnogo bolje.



Kliknite na link dole pa pgledajte cene. Ispravljač o kome je ovde reč košta samo 11 evra. Kada bi sve njegove delove kupovali "na komad" to bi vas koštalo bar deset puta više.

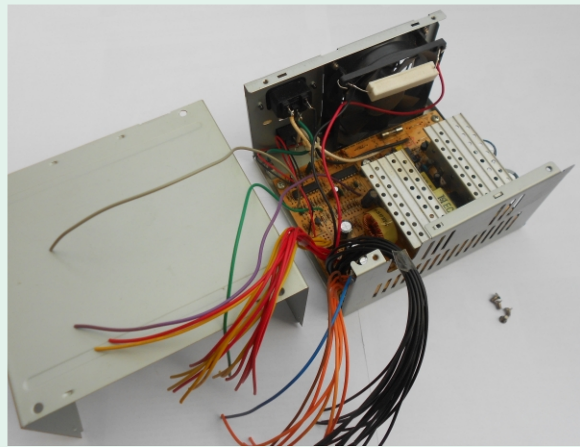


http://www.itsvet.com/proizvod/ms-industrial-kx-500-500w/comp_comp_powersupply/163/970

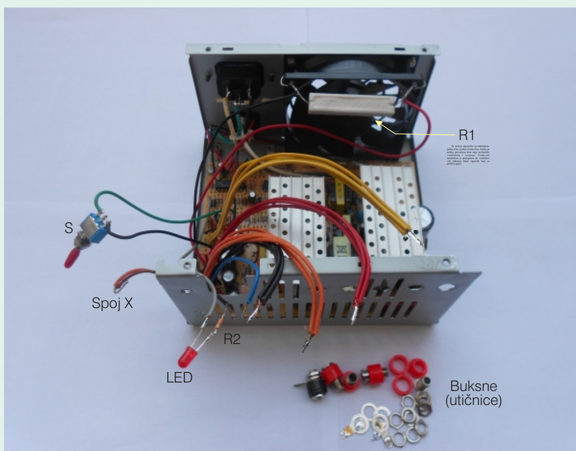
# PREPRAVKA U OSAM SLIKA



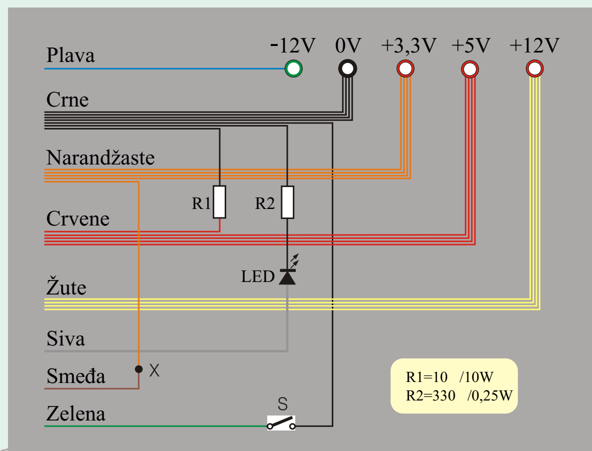

Power Supply



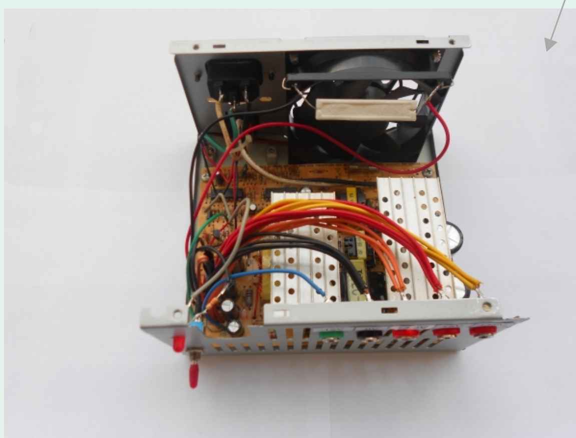
Konektori odsečeni, žice skraćene i grupisane po bojama




Povezani S, LED, R1 i R2. Spojene smedja i jedna narandžasta (spoj X) i po četiri crnih, narandžastih, crvenih i žutih.




Po ovoj šemi su ostvarene veze na slici levo-dole



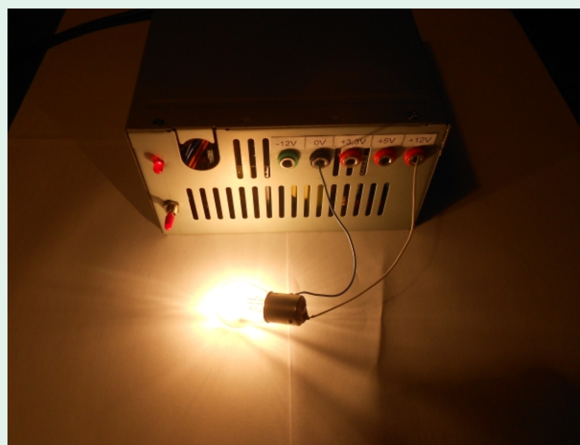
4 žute, 4 crvene, 4 pomorandžaste, 4 crne i jedna plava zalemljene za ušice buksni. Višak žica je odsečen.




Kompletan uređaj

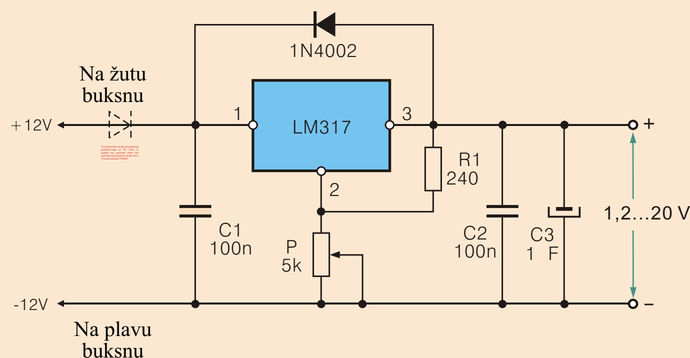


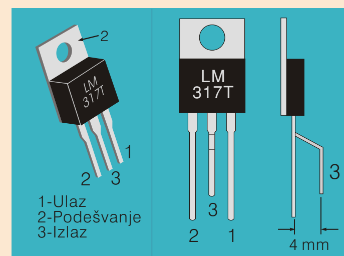

Instrument pokazuje: U=5,03 V



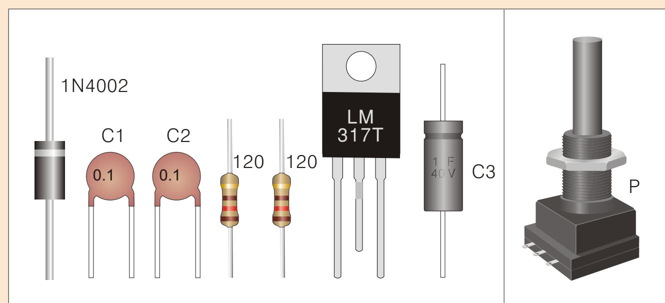

Na izlaz ispravljača priključena automobilska sijalica snage 21 W. Struja je I=P/U=21W/12V=1,75 A

Ovaj ispravljač može da bude mnogo korisniji ako mu dodate neki od ranije opisanih stabilizatora kod kojih izlazni napon može da se podešava. To bi mogao da bude stabilizator sa slike 5.22, na čiji je ulaz doveden napon od 24 V. Pomoću potenciometra P, izlazni napon može da se podešava u granicama od 1,2 V do oko 20 V.



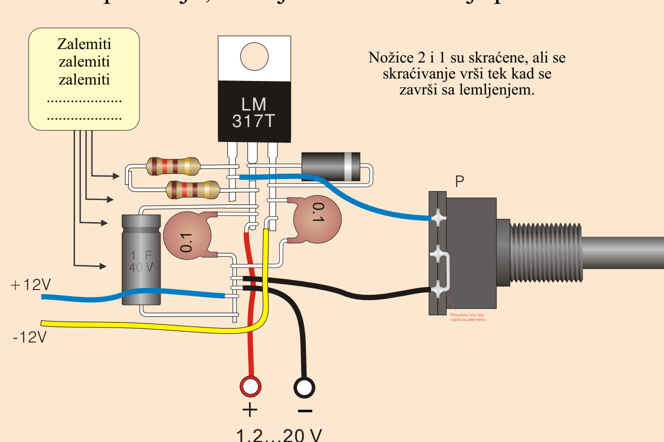

Srednju nožicu (3) treba, pomoću ravnih klešta i pincete, saviti kao na slici



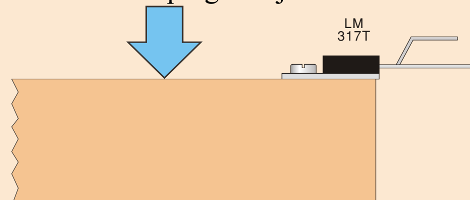

Komponente stabilizatora

*Slika 5.22. Stabilizator sa kolom 317*

Kolo sa slike 5.22 je prilično jednostavno pa može da se realizuje na način prikazan na slici 5.23.Nožice komponenata su skraćene na potrebnu veličinu, a vrhovi su savijeni. Kada je komponenta u svom položaju, treba je zalemiti. To nije prikazano na crtežu, da bi slika bila preglednija.

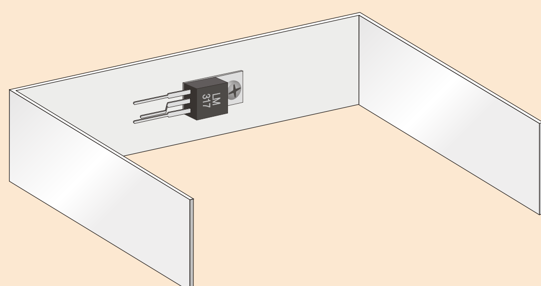



*Slika 5.23. Stabilizator sa kolom 317*

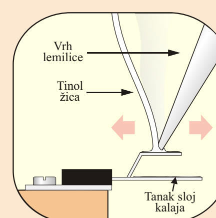



Povezivanje komponenata i žica sa nožicama LM317 je mnogo lakše ako se kolo, zavrtnjem za drvo,v pričvrsti na komad drveta na koji se stavi neki teži predmet (klešta i sl.).

Integrisano kolo treba montirati na hladnjak. Jedan od načina je prikazan na slici 5.34. Komponente nisu nacrtane da bi crtež bio pregledniji. Korisno je da dodate i mali voltmetar/ampermetar, o čemu je već bilo reči u projektu 4.6. Ceo uređaj treba smestiti u posebnu kutiju. Povezivanje sa PS-om se ostvaruje pomoću dve savitljive žice sa crvenim i crnim utikačem (bananom), koji se utaknu u buksne +12V i -12V na PS-u.

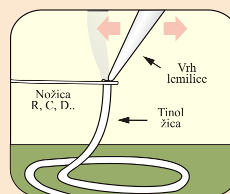


*Slika 5.24. Kolo 317 na hladnjaku*



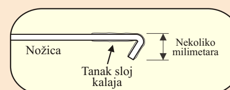

Kalajisanje nožica kola 317

Vrh lemilce nasloniti na nožicu, pa tu nasloniti i vrh tinol žice. Žica se topi pa je treba gurati nadole. Pomerati lagano i lemilicu i žicu koja se topi levo-desno, tako da na gornjoj strani nožice ostane tanak sloj kalaja. Ne zadržavati se predugo, da se nožica ne pregreje i, eventualno, ošteti kolo.

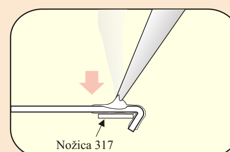



Kalajisanje vrhova nožica otpornika, kondenzatora, žica...

Nožica i vrh lemilice se naslone na vrh tinol žice. Rastopljeni kalaj obuhvati nožicu sa svih strana. Nožica i lemilica se pomeraju levo-desno dok nožica, u dužini od oko 1 cm, ne bude presvučena tankim slojem kalaja. Kako se kalaj topi, tinol žicu i lemilicu treba pomerati nadole.

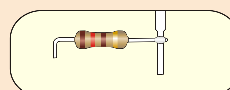



Kalajisane vrhove nožica komponenata saviti pomoću ravnih klešta.

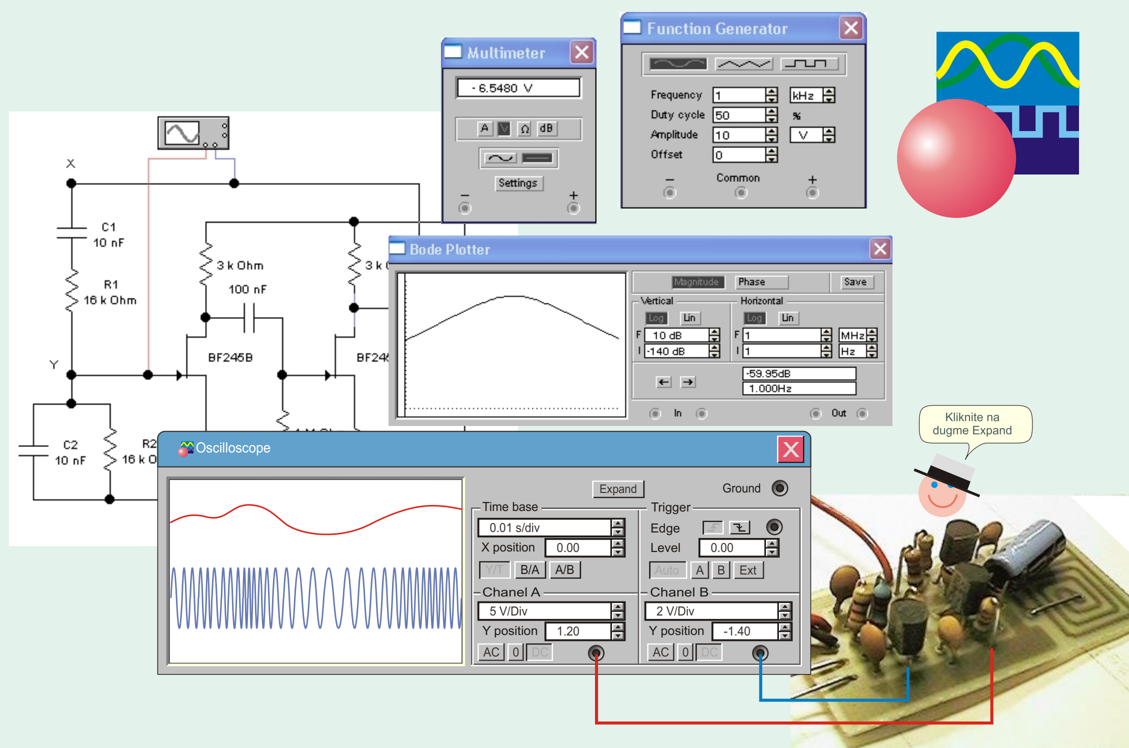



Lemljenje nožica komponenata

Komponentu držati levom rukom i nasloniti na nožicu 317. Vrhom lemilice uhvatiti malo kalaja i nasloniti ga na nožicu. Nožica komponente i nožica 317 se greju i kalaj se razliva i obuhvata nožicu komponente.



Ovako bi, približno, trebalo da izgleda zalemljeni otpornik



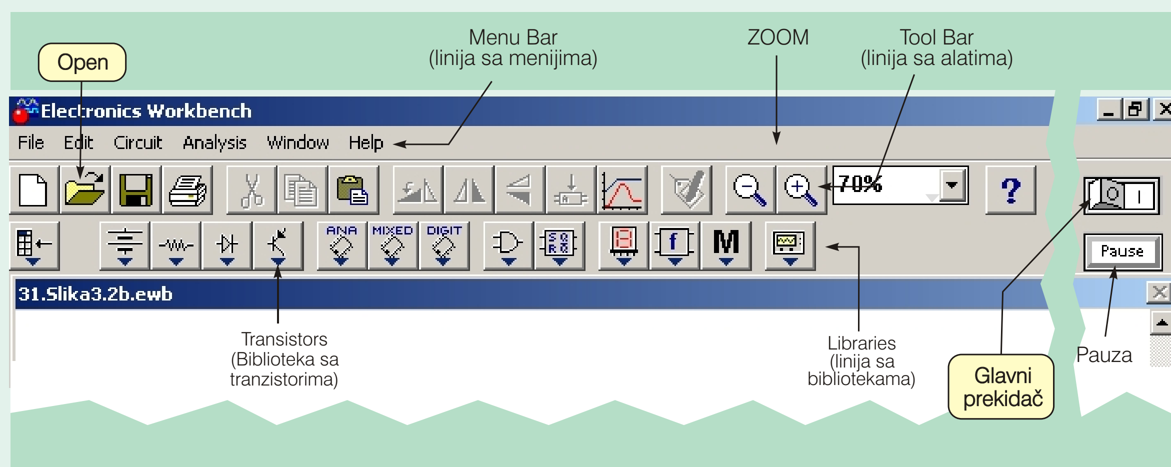

Electronics Workbench (Radni sto za elektroniku, u daljem tekstu EWB) je program za analizu rada različitih električnih i elektronskih kola, koji korisnicima omogućuje da, pre nego što se upuste u nabavku komponenata i praktičnu realizaciju nekog uređaja, izvrše kompjutersku analizu rada tog uređaja i provere da li su njegove karakteristike onakve kakve se očekuju prema prethodnom proračunu i, ako je potrebno, izvrše korekcije električne šeme i vrednosti upotrebljenih komponenata. Na primer, u slučaju ispravljača, EWB omogućuje da se ispravljač detaljno analizira, da se vide oblici i izmere veličine svih napona i struja, izmeri opseg promene izlaznog napona, uticaj promena mrežnog napona i veličine struje potrošača na veličinu izlaznog napona, menjaju komponente i njhove vrednosti itd. Jednostavno, program omogućuje da se na električnoj šemi ispravljača izvrše sve moguće provere i testovi, uključujući i one koje u stvarnosti ne bi smeli da probate zbog opasnosti od trajnog oštećenja komponenata. Ista stvar je i sa ostalim elektronskim uređajima, audio-pojačavačima, radio-prijemnicima, alarmima itd.

Uz svaku od knjiga *Praktične* ELEKTRONIKE (PE1, PE2, PE3...) idu i folderi PE1-EWB, PE2-EWB, PE3-EWb... u kojima se nalaze simulacije električnih šema iz dotične knjige, rađene u EWB-u. Ovi folderi su u folderu EWB SIMULACIJE - PRIMERI na početnoj strani sajta. Uputstvo za korišćenje EWB-a je u knjizi ELECTRONICS WORKBENCH. Ovo mini uputstvo je namenjeno čitaocima koji nemaju vremena da čitaju uputstvo, a žele da pogledaju PE1-EWB, PE2-EWB, PE3-EWB...

Program Electronics Workbench možete da skinete sa Interneta, sa nekog od sajtova koji nude Free Download. Jedan od njih, aktivan u vreme pisanja ovog teksta, je ovaj ispod. Kliknite na:

`http://oprekzone.com/download-ewb-electronic-workbench-5-12-free/`

Dakle, pokrenite program i na upozorenje *Culd not open file k*liknite na dugme *OK*. Na ekranu je slika X. To je virtuelni laboratorijski radni sto na kome se crtaju i analiziraju električne šeme elektronskih uređaja. Zapravo, to je gornji deo stola u kome su linija (polica) sa menijima, linija sa alatima i linija sa bibliotekama.



*Slika X. Deo radne površine (radnog stola) EWB-a*

Kliknite na svaki od menija i proučite šta je "na jelovniku". Stavite vrh kursora na svaku od ikona u liniji sa alatima, sačekajte da se pojavi ime biblioteke pa kliknite i pogledajte šta je u njoj.

Kliknite na ikonu *Open.* Na ekranu se pojavljuje prozor Open Circuit File. Kliknite na Drives i pronađite gde se nalaze folderi PE1-EWB, PE2-EWB, PE3-EWb... . Otvorite folder koji vas interesuje i kliknite dva puta brzo na fajl koji želite da otvorite. Ako, recimo, tako postupite i u PE3-EWB dva puta kliknete na fajl "01.Jednostrani 1.ewb", na ekranu će se pojaviti električna šema jednostranog usmerača. Ako je slika zbrkana, uhvatite za gornji deo prozor Description i pomerite ga na neko zgodno mesto. Isto učinite i sa osciloskopom i, ako je potrebno, sa šemon, tako da dobijete lepu, preglednu sliku. Ako je suviše sitno, zumirajte. Prvo postupite po upustvu u prozoru *Description,* a onda probajte sve šta vas interesuje. Kad završite, ponovo kliknite na ikonu Open pa dva puta na fajl "02.Jednostrani 2.ewb" itd.

Autor savetuje čitaoce da, dok čitaju knjigu (PE1, PE2, PE3...), imaju pred sobom na ekranu monitora šemu o kojoj je reč u knjizi i da postupe po uputstvu iz prozora Description, ali i da probaju sve drugo što im padne na pamet u vezi sa tom šemom.

Ako ste nešto menjali na slici i to što ste napravili želite da sačuvate, kliknite na *File*, pa na *Save As*..., dajte novo ime i snimite ga gde želite. Ako to ne želite, na pitanje *Save changes* . . . kliknite na *No*.

## Najčešće korišćeni postupci pri analizi kola iz foldera PEX-EWB su:

* Početak analize - kliknite na glavni prekidač. Zaustavljanje - kliknite na *Pause*.

* Proširenje slike osciloskopa - kliknite na dugme *Expand* na slici osciloskopa. Smanjenje slike - kliknite na dugme *Reduce*.

* Promena vrednosti komponenata (otpornosti, kapacitivnosti, napona izvora itd.) - kliknite dva puta na komponentu pa na dugme *Value*.

* Pomeranje klizača potenciometra - pritisnite na tastaturi na dugme na kome je slovo koje se u nazivu potenciometra nalazi u uglastim zagradama. Pomeranje u suprotnom smeru se ostvaruje tako što se prstom leve ruke pritisne dugme *Shift* a prstom druge ruke dugme u uglastim zagradama.

* Pomeranje komponenata - stavite kursor na komponentu, pritisnete levo dugme, pomerite komponentu i otpustite dugme.

* Brisanje - kliknete na ono što treba obrisati pa pritisnete dugme *Del* na tastaturi.

* Dovodjenje instrumenata na ekran - kliknite na ikonu biblioteke *Instruments,* stavite kursor na željeni instrument, pritisnite desno dugme na mišu, pomerite instrument gde želite i otpustite dugme.

* Povezivanje komponenta - stavite vrh kursora na kraj priključka komponente, tako da se pojavi mali crni krug, pritisnete levo dugme i pomerite vrh kursora do vrha druge komponente, tako da se i tu pojavi mali crni krug, i otpustite dugme.

* Povezivanje komponente sa već nacrtanim provodnikom - stavite vrh kursora na kraj priključka komponente, tako da se pojavi mali crni krug, pomerite vrh kursora na provodnik, tako da se i tu pojavi mali krug, i otpustite dugme.

* Opis komponenete - kliknete na komponentu pa na dugme sa znakom pitanja u *Tool Bar*-u.

* Okretanje komponente - kliknete na komponentu pa na dugme *Rotate*, *Flip Vertical* ili *Flip Horizontal* u *Tool Bar*-u.

* Zaustavljanje analize i posmatranje napona na osciloskopu - kliknete na dugme *Pause* (ispod glavnog prekidača) pa na dugme *Expand* (na osciloskopu) i pomerite sliku.

* Merenje napona osciloskopom - pomerite kursor 1 na vreme koje vas interesuje i pročitajte veličinu napona u prozoru "Napon"

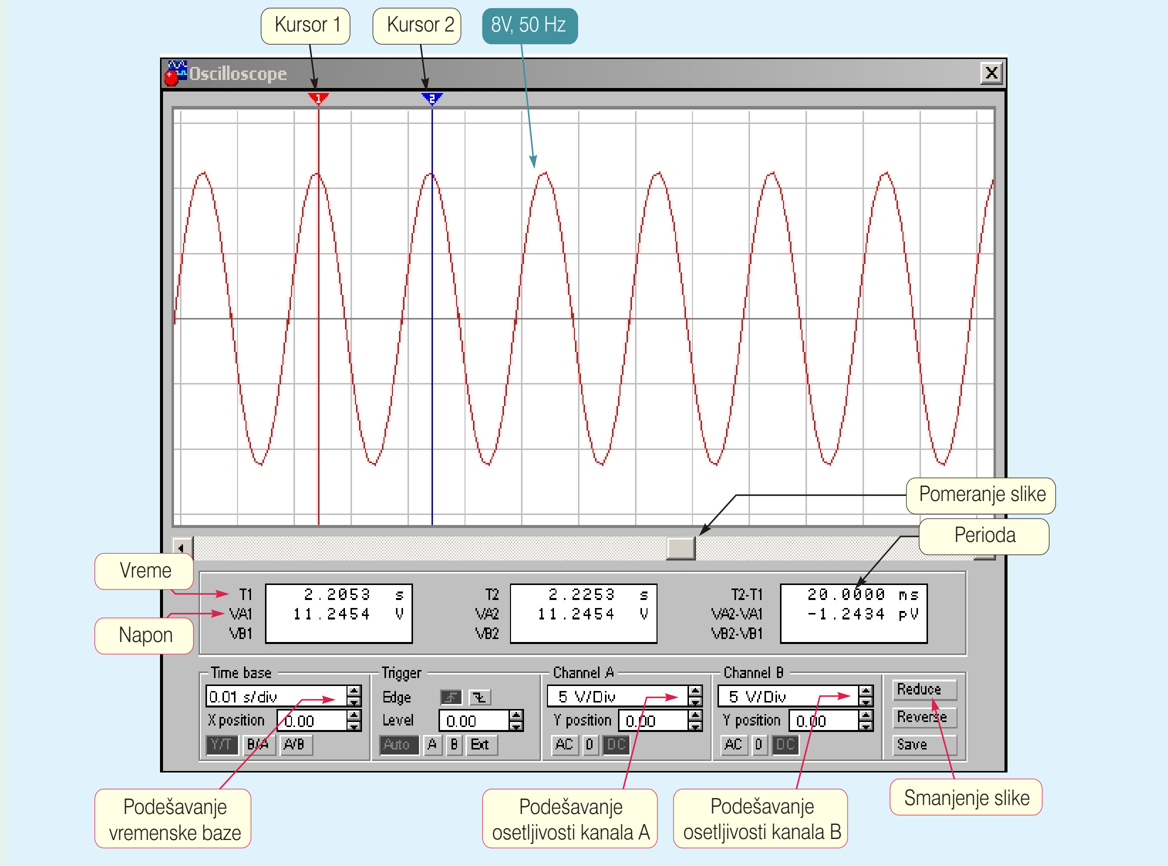
* Merenje učestanosti - podesite kursor 1 na neki maksimum napona, podesite kursor 2 na sledeći maksimum i u prozoru "Perioda" pročitate periodu T. Učestanost se izračuna po obrascu f = 1/T.

* Posmatranje talasnog oblika struje osciloskopom - u granu kroz koju teče struja ubacite *I/U* pretvarač (*Current-Contolled Voltage Source* iz biblioteke *Sources*) a na njegov izlaz priključite osciloskop. Napon na izlazu *I/U* pretvarača je istog oblika kao struja.

* Zatvaranje prozora *Description* - kliknite na X u gornjem desnom uglu. Otvaranje - pritisnite istovremeno dirke *Ctrl* i *D*.

* Zatvaranje programa - kliknite na *File* u *Menu Bar*-u pa na *Exit*.

* Upoznavanje sa osciloskopom. U PE1-EWB\Otpornici otvorite fajl "00. Osciloskop.ewb", kliknite na glavni prekidač pa na dugme *Pause*, pa na dugme *Expand* (na osciloskopu). Isprobajte sve što može da se uradi prema oznakama na slici XX.

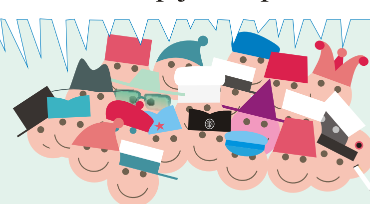



*Slika XX. Proširena slika EWB-ovog osciloskopqa*



Ако сте имали неке користи од ове књиге, помозите одржавање и даљи напредак овог сајта. Донирајте колико можете. Погледајте "Ако, како донирати" на почетној страни.

Сваки динар је добро дош'о.



*Praktična*

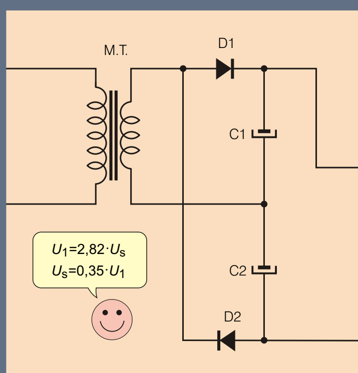
# ELEKTRONIKA 3

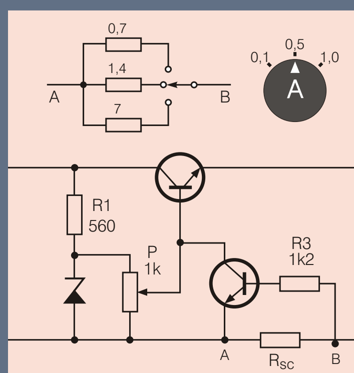
Filipović D. Miomir

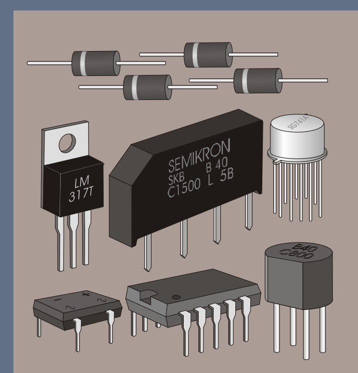
# ISPRAVLJAČI

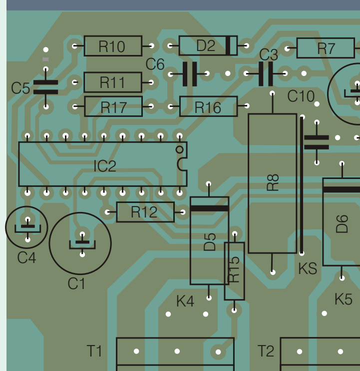
za laboratorije, audio-pojačavače, radio-uređaje, kasetofone, vokmene, razne plejere, bušilice, alarme... sa praktičnim primerima



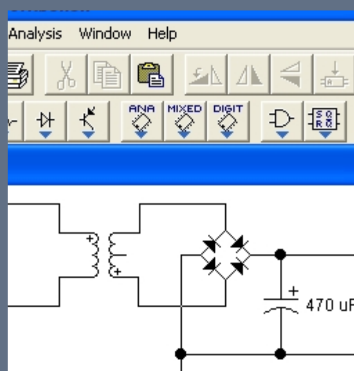


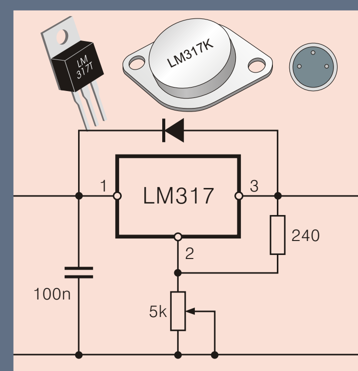





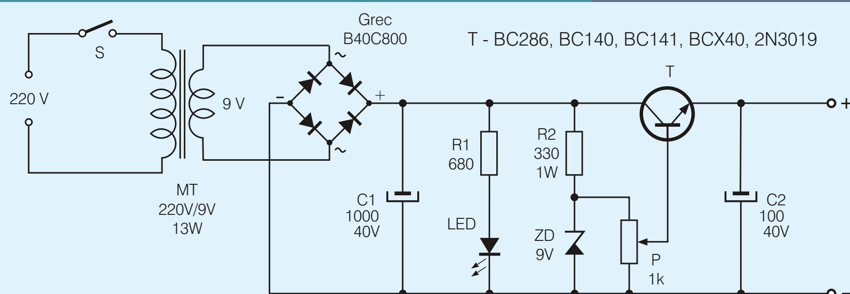



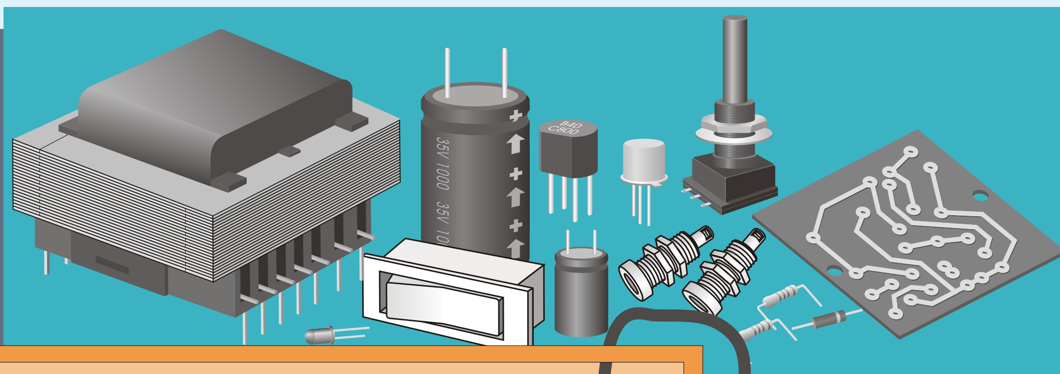

Osnovna kola ispravljača, stabilizatori jednosmernog napona, pomoćna kola, električne šeme, štampana kola, montažne šeme, praktična realizacija, primeri praktične realizacije, primeri analize u EWB-u . . .

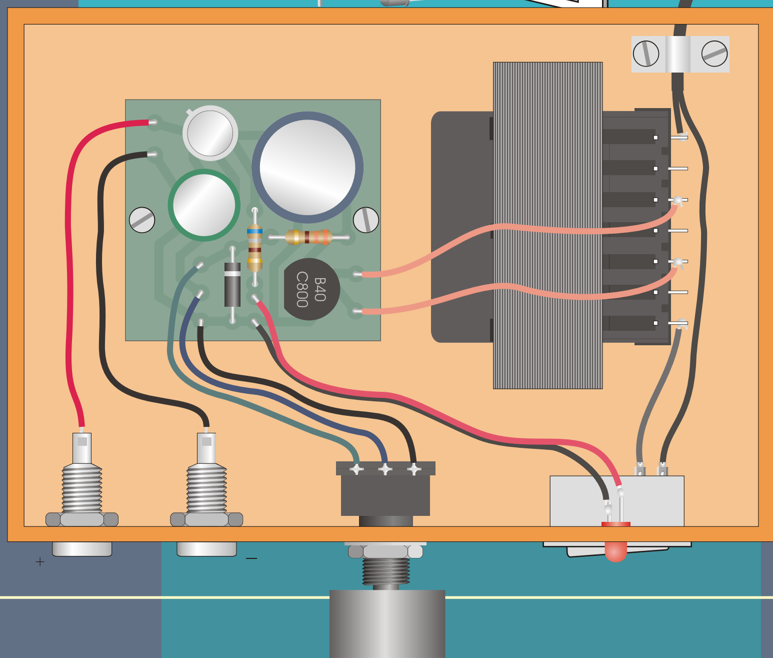
Prednja korica verzije knjige za štampu



Serija knjiga "Praktična ELEKTRONIKA" je namenjena svima koji žele da sami, svojim rukama, naprave ispravljač, audio-pojačavač, radio-prijemnik, radio-predajnik, alarm i mnoge druge elektronske uređaje. Knjiga koju držite je treća iz serije, a posvećena je praktičnoj realizaciji ispravljača i pomoćnih kola koja idu uz njih.












Pogledajte VIDEO klipove
u vezi sa ovom knjigom.

3. *P*E3 - Ispravljači

PE3a / EWB - Najjednostavniji ispravljač
https://youtu.be/50Vsoq2rhgI

PE3b EWB - Ograničavač struje
https://youtu.be/pCJV5paj1bc

PE3c - Ispravljač sa LM317
https://youtu.be/K0FphJJcDDI

PE3d - Ispravljač iz kompjutera